Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/anleitungzumglas00eber

GLASS BLOWING

DUNCAN 547

5th edition

131
Sec 33

ANLEITUNG

ZUM

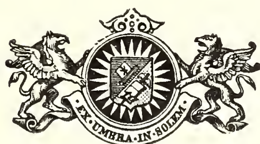
GLASBLASEN.

VON

DR. H. EBERT,
PROFESSOR DER PHYSIK AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE MÜNCHEN.

MIT 68 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN FIGUREN.

DRITTE,
VIELFACH UMGEARBEITETE UND ERWEITERTE AUFLAGE.



LEIPZIG
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH
1904.

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht, sind vorbehalten.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Das in zweiter, völlig umgearbeiteter Auflage vorliegende Büchlein schloß sich in seiner ersten Auflage an das von Herrn Shenstone herausgegebene Buch „Methods of glass-blowing“ an. Vielfache Erfahrungen beim eigenen Arbeiten und beim Unterweisen Anderer, schätzbare Winke und Ratschläge Befreundeter und der Wunsch, eine strenger systematische Unterweisung im Glasblasen zu geben, führten zu einer völligen Neugestaltung des Buches. Dasselbe stellt jetzt einen in fünf Übungsstufen zerfallenden, vom Einfachen zum Schwierigeren aufsteigenden Unterrichtskursus im Glasblasen dar, der möglichst alles dasjenige umfaßt, was im Laboratorium an Glasbläserarbeiten täglich zur Verwendung kommt. Durch knappe Darstellung und übersichtliche Anordnung konnte der Inhalt des Buches erheblich gesteigert werden, ohne den früheren Umfang wesentlich zu überschreiten.

Wie wichtig, Zeit und Kosten ersparend, eine wenn auch nur flüchtige Bekanntschaft mit den Kunstgriffen des Glasblasens ist, braucht hier nicht nochmals hervorgehoben zu werden; nur daran sei erinnert, daß das Glasblasen bei richtiger Anleitung zu den leichtesten und dabei dankbarsten manuellen Fertigkeiten gehört, welche man sich aneignen kann. Bei der immer größeren Bedeutung, welche für den Physiker wie den Chemiker elektrochemische Arbeiten, elektrische Entladungserscheinungen in gasverdünnten Räumen usw. gewinnen, ist das Einschmelzen von Elektroden, das Herstellen von einfachen Vakuumapparaten ebenso wichtig, wie die anderen praktischen Übungen, auf welche bei der Ausbildung in den Laboratorien Zeit verwendet wird und über die eine ausgedehnte Literatur existiert.

Besondere Anregung verdanke ich den Herren Professoren Eilh. Wiedemann in Erlangen, Schuller in Budapest und den Herren Glasbläsern Götze in Leipzig, Hildenbrand in Erlangen und Dr. Kiss in Budapest. Einige Winke konnte ich vor der Drucklegung noch dem jüngsterschienenen, in seiner ganzen Anlage sonst von dem vorliegenden gänzlich verschiedenen Buche von Djakonow und Lermantoff entnehmen.

Der Verlagshandlung bin ich besonders für das bereitwillige Entgegenkommen bei der Anfertigung der zahlreichen neuen Figuren zu Dank verpflichtet.

Kiel, April 1895.

H. Ebert.

Vorwort zur dritten Auflage.

Wiederum erweist sich eine Neuauflage des vorliegenden Büchleins als notwendig, ein Zeichen, daß es noch immer einem Bedürfnisse entgegenkommt. Da die zweite Auflage eine vollständige Neugestaltung der ersten war, und sich die „Anleitung“ in der dabei gewonnenen Form bewährt hat, so lag kein Grund vor, von der Anordnung des Stoffes im allgemeinen abzugehen. Dagegen haben Einzelheiten vielfach eine Umgestaltung erfahren, wofür zahlreiche Laboratoriumserfahrungen in den physikalischen Instituten der Universität Kiel und der Technischen Hochschule München während der verflossenen neun Jahre maßgebend waren. Außerdem war manches Neue hinzuzufügen. In der Zwischenzeit haben vor allem nach drei Richtungen hin Entwickelungen der Wissenschaft stattgefunden, welche an die Glasblasetechnik neue Anforderungen stellten: 1) das Studium der Röntgen- und Becquerelstrahlen, sowie die daran anschließenden Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen und die Gasionen; 2) die nähere Prüfung der merkwürdigen Eigenschaften der einatomigen Gase, d. h. der von Ramsay entdeckten Edelgase und 3) die ausgedehntere Verwendung der flüssigen Luft in den Laboratorien. Seit eine größere Reihe von Instituten mit eigenen Luftverflüssigungsanlagen versehen ist, und namentlich seit die Gesellschaft für Markt- und Kühlhallen, Berlin SW. (Abteilung für flüssige Luft) dieses wichtigste Kältemittel billig und in bequemer Form in den Handel bringt und überall hin versendet, sind auch in minder reich dotierten Anstalten Untersuchungen und Demonstrationen ermöglicht, die vordem nur Spezialitäten einzelner Forscher und Laboratorien sein konnten.

Alle die genannten Entwickelungszweige erfordern zu ihrer

Kultivierung das Vertrautsein mit der Kunst des Glasblasens; ihnen sollte durch passende Erweiterungen des vorliegenden Buches nach Möglichkeit Rechnung getragen werden. Freilich darf man nicht erwarten, hier eine vollständige Übersicht etwa über alle Formen von Röntgenröhren zu finden. Dies würde mit der ganzen Anlage und dem Zwecke dieses Werkchens unvereinbar sein. Denn dasselbe soll ja nur „anleiten", und mit der Natur der wichtigsten Glasapparate, ihrer Behandlung und Zusammensetzung vertraut machen, nicht aber dem Glasbläser von Profession oder den Glashütten Konkurrenz erwecken. Darum konnten auch nur gewisse Typen aufgenommen werden, welche als erläuternde Übungsbeispiele zu den Haupt- und Grundoperationen aufgeführt sind; sie sind aber so ausgewählt worden, daß der praktische Nutzen selbst der einfachsten Manipulationen sofort hervortritt.

Einem vielfach geäußerten Wunsche entsprechend wurde neben dem ausführlichen systematischen Inhaltsverzeichnis noch ein alphabetisches Register am Schlusse des Buches angefügt. Wiederum sind viele neue Figuren von der Verlagshandlung mit großer Liberalität angefertigt, schon vorhandene verbessert worden. Herrn Dr. P. Ewers bin ich für mannigfache Ratschläge sowie für das Lesen einer Korrektur zu Dank verpflichtet.

München, März 1904.

H. Ebert.

Inhalt.

Seite

Ausrüstung des Glasbläsers 1

I. Hilfsvorrichtungen zum Glasblasen 1

1. Die Gebläselampen 1

a) Die Olgebläselampe 2

b) Die Gasgebläselampe; einfache, leicht selbstanzufertigende Form 2

c) Die Gasgebläselampe; gewöhnliche Form 4

d) Gebläselampe mit gleichzeitiger Regulierung von Gas- und Luftzufluß 5

e) Gaslötrohr mit Regulierhahn 5

2. Die Gebläse 6

a) Der einfache Blasebalg 6

b) Das Wassertrommelgebläse 7

c) Das Wasserstrahlgebläse 7

d) Kolben- und Centrifugalgebläse 8

3. Der Arbeitstisch 9

4. Hilfsinstrumente 10

a) Das Glasmesser 10

b) Hilfsflammen 10

c) Verschiedene Utensilien 11

II. Das Glasmaterial 13

1. Die gebräuchlichsten Glassorten 13

a) Das leicht schmelzbare Natronglas („Thüringer Glas") 13

b) Das leicht schmelzbare Bleiglas („Flintglas") . . . 13

c) Das schwer schmelzbare Kaliglas („Böhmisches Glas") 14

d) Das Jenenser Normalglas 14

e) Das Uranglas 14

2. Prüfung des Glases 16

a) Äußerliche Merkmale 16

b) Verhalten vor der Gebläseflamme 16

c) Chemische Probe 17

Seite

Erste Übungsstufe. Die einfachsten Handgriffe beim Arbeiten mit Glas 18
1. Reinigen einer Röhre 18
2. Schneiden von Glasröhren und Glasstäben 19
a) Brechen von Röhren 20
b) Absprengen von Röhren 21
α) Absprengen durch direkte Flammenwirkung . . 22
β) Absprengen mittels eines heißen Glastropfens oder mittels Sprengkohle 22
γ) Absprengen durch einen heißen Glasfaden . . 23
δ) Absprengen mittels eines Drahthakens 23
ε) Absprengen durch einen brennenden Faden . . 24
ζ) Absprengen zwischen Papierwülsten 24
η) Absprengen durch einen galvanisch glühenden Draht 24
3. Biegen von nicht zu weiten Glasröhren in der rußenden Flamme 25
4. Die Flammen der Gebläselampe 27
a) Die Stichflamme 28
b) Die Besen- oder Brauseflamme 29
c) Die rußende Flamme 31
5. Das Anwärmen des Glases 31
6. Das Kühlen erhitzten Glases 32

Zweite Übungsstufe Übungen mit einer Hand 33
1. Runden von Röhrenenden 34
2. Rändern (Umkröpfen, Börteln) von Röhrenenden . 35
a) Verdicken des Randes 35
b) Umlegen des Randes nach außen 35
Übung: Aufkitten von Glasfenstern auf Röhren . 36
3. Schließen eines Endes einer engen Röhre 36
Übung: Herstellung von Verschlußkappen . . . 37
Übung: Herstellung kleiner Glaseimerchen . . . 37
4. Aufblasen einer Kugel am Ende einer Biege- oder Kapillarröhre 37
Übung: Anfertigen von Präparatgläschen . . . 38
Übung: Aufblasen von Thermometerkugeln . . 38
Übung: Anfertigen kleiner Kugeltrichter . . . 38
5. Das Öffnen von Röhren 39
Übung: Anblasen eines kurzen Tubulus an ein weites Gefäß 40

Dritte Übungsstufe. Einfache Arbeiten mit beiden Händen 41
1. Zusammenfallenlassen von Röhren 41

Seite
Übung: Zuspitzen eines Rohres 41
Übung: Herstellung eines Zerstäubers 42
2. Ausziehen von Röhren 42
Übung: Herstellung von Übergangskonussen für Schlauchverbindungen 42
Übung: Zuschmelzen von Verbrennungsröhren . 43
3. Schließen von weiten Röhren an einem Ende . . . 43
Übung: Anfertigen von Reagenzgläsern 46
Übung: Anfertigen von Auffangegläschen für Gase 46
Übung: Herstellen von Manometern und Heberbarometern; Auskochen von Röhren 46
4. Verengen oder Verschließen der inneren Bohrung . 46
5. Aufblasen von Kolben oder Glaskugeln 47
a) Aufblasen einer Kugel in der Mitte einer Röhre . 47
α) Kleinere Kugeln 47
β) Größere Kugeln 48
γ) Kugelförmige Erweiterungen in Kapillaren . . 48
b) Aufblasen einer Kugel am Ende einer weiteren Röhre 48
Übung: Anfertigen von größeren Kugeltrichtern 51
6. Erweitern von Röhren in der Mitte 52
7. Konaxiales Aneinanderschmelzen der Röhren . . . 52
a) Aneinanderschmelzen zweier Röhren von gleichem Durchmesser 53
α) Biegeröhren 53
β) Blaseröhren 54
γ) Sehr enge Röhren 54
δ) Kapillaren 55
b) Das Aneinandersetzen zweier Röhren von ungleichem Durchmesser 55
Übung: Anfertigen von Gasverbindungsstücken . 56
Übung: Anfertigung einer Vorrichtung zum Verflüssigen von Gasen und zur Kondensation von radioaktivierenden Emanationen 56
Übung: Herstellung eines Quecksilbertropfglases (nach Heerwagen) 57
8. Seitliches Ansetzen von Röhren 57
a) Seitliches Ansetzen einer Biegeröhre an eine weite Röhre, eine Glaskugel oder einen Glaskolben . . . 58
b) Herstellung von T-Stücken 59
c) Herstellung von V-förmigen Gabelungen 60
Übung: Anfertigen von Zerstäubern (nach Gouy) 60

Seite

Übung: Anfertigen von Bunsenbrennern aus Glas (nach H. Ebert) 60

Übung: Zuschmelzen eines Gefäßes, in dem ein Gasüberdruck herrscht (nach A. Richardson) 61

Vierte Übungsstufe. Besondere Übungen und Herstellung zusammengesetzter Apparate 62

1. Biegen weiter Röhren in der Gebläseflamme; Herstellung von V- und U-Röhren und von Spiralröhren 62

a) Herstellung von V- und U-Röhren 63

b) Herstellung von Spiralröhren 63

2. Doppellötungen 64

a) Das Verschmelzen der Ränder zweier konaxialer Röhren 64

Übung: Anfertigen eines zylindrischen doppelwandigen Vakuumgefäßes 64

b) Ineinanderschmelzen zweier Röhren 65

Übung: Zusammenstellen von Ausfriertaschen zum Reinigen von Gasen (nach K. Fischer) . . 66

Übung: Anfertigen einer Ozonröhre 67

Übung: Zusammenblasen einer Wasserstrahlluftpumpe 69

c) Einschmelzen einer Röhre in eine Kugel 69

Übung: Anfertigen einer Luftfalle 70

Übung: Herstellung einer Phosphoreszenzlampe (nach H. Ebert) 70

3. Einsetzen von Elektroden 71

a) Einkitten von Elektroden 71

b) Einschmelzen von Platindrähten ohne Einschmelzglas 72

Übung: Herstellung von Normalelementen . . . 74

Übung: Anfertigung von Fulguratoren 75

c) Einschmelzen von Platindrähten mittels Einschmelzglases 75

Übung: Herstellung von Eudiometern 77

4. Aneinandersetzen der einzelnen Teile großer, unhandlicher Apparate 77

Glasfedern (nach Kundt und Warburg) . . . 80

5 Anfertigung von Glasstopfen 81

Übung: Herstellung eines Apparates zur Elektrolyse (nach A. W. v. Hofmann) 83

Seite

Fünfte Übungsstufe. Anfertigung von Vakuumapparaten . 84

I. Die Vakuumröhren 84

1. **Herstellung elektrodenloser Vakuumräume und Vakuumröhren** 85
2. **Anfertigung von Geißlerschen Röhren** 86
   a) Einfache Geißlersche Röhre mit eingekitteten Elektroden 86
   b) Einfache Geißlersche Röhre mit eingeschmolzenen Elektroden und gerader Durchsicht 86
   c) Kompliziertere Geißlersche Röhre 87
   Übung: Herstellung einer einpoligen Tesla-Glühlampe 88
   Übung: Anfertigung einer Röntgenröhre mit veränderlichem Härtegrade (nach A. Wehnelt) 88

II. Hilfsvorrichtungen bei Vakuumarbeiten 89

1. **Schliffe** 89
   a) Gewöhnliche Form 90
   b) Schliffe mit Quecksilberdichtung 92
      α) Einfache Form 92
      β) Napfschliffe 92
      γ) Der Kahlbaumsche Schliff 93
2. **Hähne** 93
   a) Einfache Glashähne 93
   b) Hähne mit Quecksilberdichtung 94
      α) Der Cettische Hahn 94
      β) Der Eiloartsche Hahn 94
      γ) Der Gimminghamsche Hahn 94
      δ) Der Kahlbaumsche Hahn 95
      ε) Dreiweghähne 95
3. **Quecksilberabschlüsse** 96
      α) Einfache Form 96
      β) Abschluß mit Luftfalle 97
   Übung: Herstellung eines Wasserstoffentwickelungsapparates (nach Cornu) 98

III. Quecksilberluftpumpen 99

1. **Hahnenpumpe** 99
2. **Abhalten der Quecksilberdämpfe** 101
3. **Einfache Sprengelpumpe (ohne Hahn)** 102
4. **Apparat zur fraktionierten Destillation verflüssigter Gase** 104

Seite

Anhang 106

1. Ätzen auf Glas 106

2. Graduieren und Kalibrieren von Röhren 107

a) Graduierung nach beliebigem Längenwert . . . 107

b) Graduierung nach bestimmtem Längenwert . . . 108

α) Skalenübertragung mittels Stangenzirkels . . 108

β) Skalenübertragung mittels Schiebers 108

γ) Skalenübertragung mittels Teilmaschine . . . 108

c) Graduierungen nach Volumenwerten (Kalibrieren von Meßröhren) 109

Korrektion wegen Rundung der Quecksilberkuppe . 110

3. Herstellung der feinsten Glas- und Quarzfäden . . 111

Ausrüstung des Glasbläsers.

I. Hilfsvorrichtungen zum Glasblasen.

Die zum Glasblasen erforderliche instrumentelle Ausrüstung ist sehr einfach und billig zu beschaffen. Man muß sich über dieselbe orientieren, ehe man zu den eigentlichen Glasblasearbeiten selbst übergeht und sich die einfachen Hilfsvorrichtungen zurecht legen, da sie schon bei den ersten Arbeiten mit Glas notwendig werden.

1. Die Gebläselampen. — Das wichtigste Hilfsmittel bei dem Glasblasen ist eine gute Gebläselampe. Wir besprechen in aufsteigender Reihenfolge die Anordnungen verschiedener Vollkommenheit von der einfachen Öllampe an, wie sie noch heute vielfach in einzelnen, namentlich Thüringer Glasbläsereidistrikten verwendet werden, bis zu den sehr vervollkommneten Gasgebläselampen, welche eine große Reihe anerkannter Firmen zu verhältnismäßig niedrigen Preisen in den Handel bringen. Von der Gebläselampe gilt dasselbe wie von den meisten instrumentellen Hilfsmitteln: die Besonderheit der Konstruktion tritt zurück gegen die Übung in ihrer Handhabung; wer jahrelang mit einer bestimmten Lampe gearbeitet und sich an sie gewöhnt hat, wird selbst mit einer unvollkommeneren Form mehr leisten, als der Ungeübte mit der konstruktiv besten. Darum geht das Urteil über den Wert der verschiedenen Lampen auch sehr auseinander; wir vermeiden es, bestimmte Formen mehr zu empfehlen als andere. Liefert eine Lampe alle Übergänge von einer feinen Stichflamme bis zu einer wärmereichen, großen, rauschenden Flamme, so erfüllt sie im wesentlichen die Bedingungen, welche an eine Gebläselampe zu stellen sind; alles andere ist Sache der Übung.

Als Heizmaterial wird irgend eine flüchtige Kohlenwasserstoffverbindung mit einer reichlichen Menge von Sauerstoff, der in einem kräftigen Luftstrome zugeführt wird, verwendet. In der Industrie spielen noch vielfach Öle, namentlich Paraffinöl, oder eine Mischung von Weingeist und Terpentinöl eine Rolle, oder sogenannte karbonisierte Luft, welche mit Benzindämpfen oder mit irgend einem sich leicht verflüchtigenden Naphtaprodukte beladen ist. In den meisten größeren Verkehrs- und Industriezentren hat aber das Leucht- oder Kochgas alle anderen Heizmaterialien verdrängt; wir haben daher im folgenden in erster Linie die mit Gas gespeisten Gebläselampen im Auge, und führen die anderen Formen mehr der Vollständigkeit wegen mit auf.

a) Die Ölgebläselampe. — In ein flaches, mit Öl oder Talg gefülltes Gefäß ist ein Docht getaucht, der an einer Seite über den Rand desselben herausragt. Den Docht der Öllampe dreht man am besten aus reinen, langen, feinen Asbestfasern. In die große rußende Flamme dieser Lampe bläst man durch eine davor befestigte, nach unten geneigte Röhre einen kräftigen Luftstrom. Je nach dem Durchmesser der Röhre erhält man eine feine Stichflamme oder eine große, sich pinsel- oder besenartig ausbreitende Flamme, mit der man zugleich größere Mengen Glas erhitzen kann. Diese Lampe gleicht also der Mitscherlich'schen Gebläselampe, bei der in eine Spiritusflamme durch ein Lötrohr ein Luftstrom geblasen und dadurch eine Stichflamme erzeugt wird. Statt mit Öl oder Talg füllt man die Lampe auch mit leichtflüchtigem Petroleum (Gasolin) oder noch besser mit Paraffin, welches für diese Zwecke in besonderer Form in den Handel gebracht wird.

Eine derartige Lampe, die sich leicht improvisieren läßt, wurde vielfach bei wissenschaftlichen Expeditionen verwendet, z. B. zum Verschließen von Glasgefäßen mit entnommenen Wasserproben; oder man benutzt sie beim Aneinanderschmelzen von großen Apparatteilen, wobei man lieber die Lampe als diese bewegt; beim Verschmelzen der Enden von Wasserstandsröhren an Dampfkesseln sieht man diese Form gleichfalls in Verwendung.

b) Die Gasgebläselampe; einfache, leicht selbstanzufertigende Form. — Die weite Messingröhre *A* Fig. 1

trägt eine seitlich angelötete Röhre *B*, 10—12 cm von dem Ende *G* entfernt. Eine Glasröhre *EC* ist vermittelst eines Stopfens bei *D* in der Messingröhre *A* befestigt. *B* ist mit dem Hahn der Gasleitung durch einen Schlauch verbunden, *C* ebenfalls durch einen Schlauch mit einer Vorrichtung, durch welche der Luftstrom in das an der Mündung *G* der Lampe brennende Gas hineingeblasen wird. Um eine Stichflamme hervorzubringen, muß die Öffnung *E* klein sein; zur Erzeugung einer größeren Flamme, die reich an Luft ist, kann der innere Durchmesser von *E* nahezu halb so groß sein, wie der von *A*, ohne daß man ein Zurückschlagen der Flamme zu befürchten hätte. Um schnell von einer Flammenart zur anderen überzugehen, stellt man sich mehrere Einsätze *CE* mit verschieden weiten Öffnungen her. Um die gegenseitige Stellung der beiden Röhrenenden regulieren zu können, ist es zweckmäßig, über die Röhre *A* noch eine enganschließende Metallhülse zu schieben, durch deren Aus- und Einziehen man die Mündung *G* beliebig verlegen kann. Durch zwei seitliche, sich diametral gegenüberstehende Stifte *FF*, oder die zusammengewickelten Enden zweier um *A* herumgelegter und fest angezogener Drahtstücke, welche in einer einfachen aus einem Blechstreifen zusammengebogenen Gabel ruhen, wird die Lampe festgehalten. Man bringt ferner zwei Gashähne in geeigneter Lage am Tischrande an, um beim Arbeiten bequem den Gas- und Luftzutritt zu regulieren. Es ist gut, diese Hähne am Tische festzumachen und durch Schläuche mit den Gas- und Luftzuflüssen einerseits und der Gebläselampe andererseits zu verbinden. Von den in Fig. 1 dargestellten Lampen fertigt man sich am besten zwei an, eine größere mit einem inneren Durchmesser der Röhre *A* von 15—17 mm und eine kleinere, deren Durchmesser etwa 11 mm beträgt, die beide zur Benutzung bereit stehen, da es mitunter

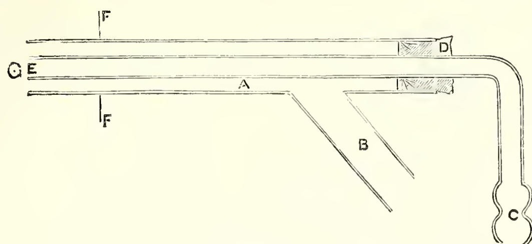


Fig. 1.

notwendig ist, große und kleine Flammen in rascher Aufeinanderfolge anzuwenden.

c) Die Gasgebläselampe, gewöhnliche Form. — Die Röhre *A* Fig. 2 enthält eine innere Röhre *B*, welche mit dem Luftzufuhrrohr *C* in Verbindung steht; in den Zwischenraum zwischen den Röhren *A* und *B* tritt von *D* her das Gas ein. Auf die Röhre *A* wird die Hülse *E* geschoben, deren vorderes Ende gerundet ist, wodurch das Gas von allen Seiten her quer in den Luftstrom hineingetrieben wird, ehe es zur Verbrennung gelangt. Durch Verschieben dieser Hülse erhält man unter gleichzeitiger Regulierung des Gas- und Luftzutrittes Flammen von sehr verschiedener Gestalt; beim Herausziehen von *E* beschränkt man den Flammendurchmesser; man wählt diese Stellung, wenn man feinere Stichflammen erzeugen will; eine breite, rauschende Flamme wird beim Zurückschieben von *E* erhalten. Dieser Brenner ist durch ein Doppelkugelgelenk *F* mit dem Fuße *G* verbunden; das Gelenk gestattet, die Flamme nach verschiedenen Richtungen hin zu lenken. Der Lampe sind mehrere auf die Luftröhre *B* aufzuschraubende Spitzen *H* mit verschieden weiten Bohrungen beigegeben.

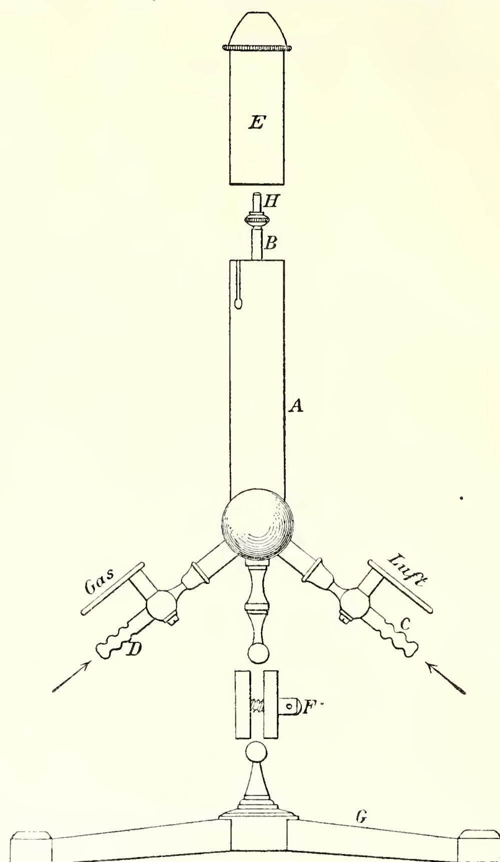


Fig. 2.

Bei diesen Lampen genügt der Austausch der beigegebenen

Spitzen, um alle Flammen, die man braucht, herzustellen (Desaga, Heidelberg).

d) Gebläselampe mit gleichzeitiger Regulierung von Gas- und Luftzufluß. — Die gewöhnliche Gebläselampe hat den Nachteil, daß man zur Regulierung der Flamme immer zwei Hähne bedienen muß, was oft, wenn man z. B. große Stücke heißen Glases in den Händen hat, nicht leicht ausführbar ist. Gewöhnlich will man aber beim Regulieren der Flamme nicht das Mengenverhältnis von Gas und Luft, sondern nur die Größe der Flamme ändern. Sehr zweckmäßig ist daher die Gebläselampe, Fig. 3, bei der mit einem Griffe durch Drehen an einem Ringe gleichzeitig der Gas- und Luftzutritt reguliert wird. (P. Altmann, Berlin NW.)

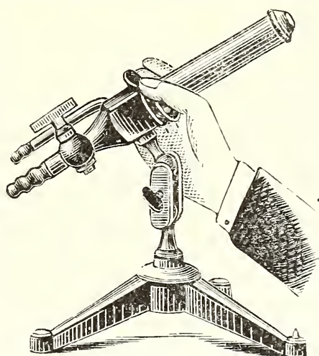


Fig. 3.

e) Gaslötrohr mit Regulierhahn. — Wer die Absicht hat größere Glasapparate zusammen zu setzen, tut gut, sich von vornherein an den Gebrauch einer transportablen Gebläselampe zu gewöhnen, wie sie in den Lötrohren mit Gaszufluß, den sogenannten „Lötpistolen“, vorliegen. Auch hier soll ein Hahn, der aber nicht vorn bei der Flamme, sondern rückwärts an den Röhren handlich angebracht sein muß, eine Flammenregulierung während des Arbeitens ermöglichen. Den das Gaszuführungsrohr mit der Gasleitung verbindenden Gummischlauch umwickelt man am Lötrohre mit etwas Asbestpappe, bindet ihn eventuell an diesem fest oder nimmt ihn über die Schulter, damit er nicht umknicken kann. Den Luftstrom bläst man durch das Mundstück, an das zur Verlängerung eventuell noch ein Gummischlauch angesetzt wird, entweder selbst ein, oder verbindet dieses mit dem Gebläse. Eine recht brauchbare Form stellt Fig 4 dar (z. B. von Carl Bauer, Werkzeug- und Maschinenfabrik, München, Frauen-

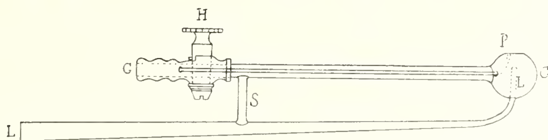


Fig. 4.

straße, erhältlich): Das Gaszuleitungsrohr *G* enthält den mit Regulierscheibe versehenen Hahn *H**) und ist vorn kugelförmig erweitert. Hier mündet ein enges Gasabzweigeröhrchen, welches ein kleines Sparflämmchen dauernd unterhält und ein Wiederanzünden der Flamme ermöglicht, wenn aus Versehen der Hahn *H* zu weit geschlossen wurde. Das durch die Stütze *S* an *G* befestigte Luftzuführungsrohr *L* mündet inmitten der kugelförmigen Erweiterung von *G*. Man übe sich die verschiedensten Flammen in allen möglichen Lagen mit Sicherheit herzustellen.

2. Die Gebläse. — Zu allen Glasblasearbeiten braucht man einen kontinuierlichen, nicht zu schwachen Luftstrom; wir nennen die Vorrichtung zum Erzeugen eines solchen kurz ein „Gebläse". Je nach den näheren Bedingungen hat dasselbe verschiedene Formen, von denen wir nur die folgenden nennen:

a) Der einfache Blasebalg. — Zwischen zwei durch Leder oder Gummi an den Rändern verbundenen Brettern wird beim Auf- und Niederbewegen des einen Luft durch Klappen aufgefangen und diese in einen meist unmittelbar damit verbundenen Windkasten hinübergedrückt. Beim Glasblasen verwenden wir einen „Fußblasebalg", der durch Treten auf ein bewegliches Trittbrett gefüllt wird; er wird am besten unter dem für die Glasblasearbeiten bestimmten Tisch angebracht. Durch Belasten des Sammelbalgs gibt man der Luft den nötigen Druck. Dabei soll der Balg dicht genug und so groß sein, daß sein Athem, d. h. die Zeit, in der die durch einmaliges Niedertreten des Hebels gelieferte Luft durch die Gebläselampe ausfließt, etwa ein bis zwei Minuten beträgt. Ist dies der Fall, so vermeide man das allzuviele und rasche Treten, und vergesse nicht, den Fuß jedesmal nach völligem Niedertreten wieder zu heben, damit der Balg sich wieder füllen kann, was nur beim Aufsteigen des Trittbrettes möglich ist. Der Anfänger tut gut, sich dieses Treten etwas einzuüben, ehe er an das eigentliche Glasblasen geht; bequemes Sitzen vor dem Tische und fußgerechtes Liegen des Trittbrettes ist dabei eine Hauptsache.

*) Andere Konstruktionen sind mit Federhahn versehen.

b) Das Wassertrommelgebläse. — Weit bequemer ist das Arbeiten bei Verwendung eines automatischen Gebläses. Mit Hilfe einer sogenannten „Wasserstrahlpumpe", *AG* Fig. 5, kann man sich eine geeignete Anordnung leicht in folgender Weise selbst zusammensetzen. Bei den käuflichen Wasserstrahlpumpen ist eine Röhre *A* in eine etwas weitere *B* so eingeschmolzen, daß ihr spitzes Ende von der Verengung bei *G* etwa 2 mm entfernt ist. An *B* ist seitlich das offene Rohr *C* angesetzt. Das enge Ende von *B* befestigt man in einem Kautschukstopfen auf einer großen Flasche *D* von 2 bis 3 Liter Inhalt, welche nahe am Boden bei *F* tubuliert ist. Hier setzt man mittels eines Stückes Kautschukschlauches ein beiderseitig nach unten umgebogenes Glasrohr fest ein, an dessen äußeres Ende ein Gummischlauch mit regulierbarem Quetschhahn angebracht wird. Der obere Stopfen trägt ferner die Abzugsröhre *E*.

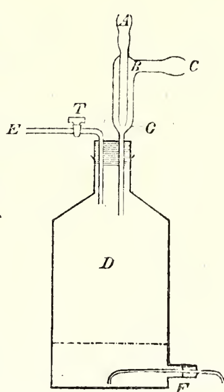


Fig. 5.

Wird *A* mit der Wasserleitung verbunden, so saugt das durch *B* strömende Wasser Luft durch *C* nach *D* hinein, welche durch *E* in kontinuierlichem Strome wieder austritt. Das Wasser fließt durch *F* ab; sein Abfluß wird mittels des Quetschhahnes so reguliert, daß das innere Ende des Abflußrohres immer unter Wasser taucht, so daß hier keine Luft entweichen kann. Da das Wasser nach dem Volumen verkauft wird, so ist diese Einrichtung nur da ökonomisch, wo der Wasserdruck und damit die Austrittsgeschwindigkeit groß ist. Günstiger wirkt das Gebläse Fig. 6.

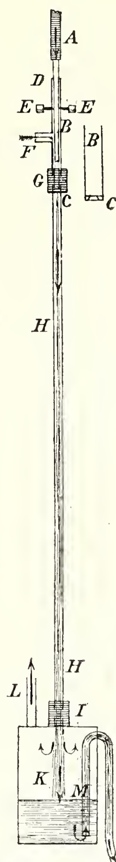


Fig. 6.

c) Das Wasserstrahlgebläse. Fig. 6. — Durch den Gummischlauch *A* wird ein kräftiger Wasserstrom (bei ca. 20 cm Wassersäule Druck) dem Rohre *B* zugeführt, aus dem es unten aus einer Öffnung *C* mit abgeschrägten Rändern

(vergl. die nebenstehende Vergrößerung dieses Teiles) in einem kräftigen, sich nur mäßig zerstreuenden Strahle austritt. Dieses Rohr *B* ist oben in einem weiteren Rohre *D* befestigt und kann durch drei Stellschrauben *E*, welche durch das äußere Rohr *D* hindurchgehen, genau conaxial zu diesem eingestellt werden. Diese Röhre *D* hat eine seitliche Öffnung *F*. Unten ist an *D* mittels eines Stückes Gummischlauch *G* die 1—2 m lange, ca. 1,8 cm weite Glas- oder Blechröhre *H* befestigt, welche durch Gummischlauch auf dem Rohrstutzen *I* befestigt ist. Dieser Stutzen ist auf dem Deckel des Blechkastens *K* aufgelötet. Außer bei *I* hat dieser Kasten noch zwei Öffnungen; auf einer ist das Rohr *L* aufgelötet, durch die andere geht das U-förmig umgebogene Rohr *M* hindurch.

Wenn das Wasser strahlförmig aus der Öffnung *C* derartig ausspritzt, daß der Strahl bei seinem allmählichen Breiterwerden schließlich das untere Ende des Rohres *H* ganz erfüllt, so reißt es eine reichliche Menge Luft mit sich, die immer aufs Neue durch die Öffnung *F* nachgesogen wird. Diese sammelt sich in dem Kasten *K*, der Wasserstaub sinkt nieder und die komprimierte Luft entweicht durch das Rohr *L* als kräftiger Luftstrom. Das sich ansammelnde Wasser wird zu dem Rohre *M* hinausgedrückt. Dasselbe muß so weit (etwa 2 cm) sein, daß es nicht als Heber wirkt und das Gefäß *K* vollständig entleert; denn das Wasser am Boden von *K* stellt den Verschluß her. Das Ganze ist zweckmäßig auf einem Brett befestigt, welches an die Wand angeschraubt wird; der Blechkasten ist dann halbkreisförmig im Querschnitt zu gestalten und mit seiner flachen Rückwand an das Brett anzulegen. Will man ein noch kräftigeres Gebläse haben, so wählt man die Fallhöhe größer oder läßt zwei oder mehr derartige Fallröhren an dem Blechkasten *K* endigen. (Weinhold.)

d) Kolben- und Centrifugalgebläse. — In manchen modern eingerichteten Laboratorien, namentlich denen größerer industrieller Etablissements, hat man in den Arbeitsräumen Druckluft zur Verfügung, die durch Kolben- oder Centrifugalpumpen unter Zwischenschaltung von Windkesseln geliefert wird. Hier muß man ein Druckreduzierventil vor die Gebläselampe schalten. Dasselbe gilt, wenn man mit Preßluft (eventuell beim Behandeln von schwer schmelzbaren Glassorten mit größerem Sauerstoffgehalte), wie sie in Stahlflaschen komprimiert in den Handel gebracht wird, arbeiten will.

3. Der Arbeitstisch. — Zum Arbeiten dient am besten ein mäßig großer Tisch von solcher Höhe (75—85 cm), daß die Ellenbogen bequem aufgestützt werden können. Befindet sich der Blasebalg unter dem Tische, so muß die Höhe so sein, daß man beim Treten nicht behindert ist. Vorteilhaft wird der Tisch vorn halbrund ausgeschnitten; die Gebläselampe steht in der Mitte vor dem 50—60 cm breiten Ausschnitte, zu beiden Seiten werden die Arme aufgestützt. Die das Gas und die Luft zuführenden Schläuche gehen von unten her durch Öffnungen unmittelbar zur Lampe. Die Tischplatte darf weder gestrichen, noch mit Metallblech beschlagen sein, weil auf diesem heißes Glas springt. Durch die Tischplatte gehen an beiden Seiten Reihen von Löchern verschiedener Durchmesser hindurch zum Einstecken heißer Glassachen, die man aus der Hand legen will. Unter den Löchern ist in einiger Entfernung ein Brettchen festgenagelt, damit schmale Gegenstände nicht durchfallen.

Zu gleichem Zwecke dient eine Reihe in den Tisch geschlagener Holzpflöcke. Der dem Arbeitenden gegenüberliegende Rand des Tisches ist erhöht und mit verschieden großen Einkerbungen versehen, damit man heiße Glasteile hohl legen kann, und dieselben nicht fortrollen. An der Seite ist der Tisch passend mit Schubkästen versehen, in denen die Hilfsinstrumente und Utensilien liegen, die immer zur Hand sein müssen.

Man kann die Hähne der Gebläselampe so anordnen, daß man sie mit den Füßen regulieren kann (Schuller). Auf einem unten am Arbeitstische befindlichen Brette werden beide Hähne so befestigt, daß sich ihre in gegenseitiger Verlängerung liegenden horizontalen Achsen etwa 6—8 cm über demselben befinden. An ihren einander zugekehrten Griffen sind Holzrollen von ca. 6 cm Halbmesser und 5 cm Breite befestigt. Durch Drehen an diesen mit den Füßen kann man es bei etwas Übung zu einer sehr genauen Flammenregulierung bringen.

Zweckmäßig ist es ferner, in der Mitte vorn in die Tischplatte einen Schieber einzulassen, der herausgezogen werden kann. Hat man sehr lange Stücke zu bearbeiten, so hindert der Tisch vielfach. Man stellt dann die Lampe auf das vordere gerundete Ende des herausgezogenen Schiebers, wo man zu beiden Seiten genügende Bewegungsfreiheit hat. Für gewöhnlich ist der Schieber eingeschoben.

Der Platz des Tisches soll vollkommen zugfrei und nicht zu stark beleuchtet sein, weil man sonst die schwachleuchtenden

Flammen nicht hinreichend deutlich sehen kann. Die Aufstellung vor einem Fensterpfeiler oder einer Seitenwand ist die beste.

4. Hilfsinstrumente. — Außer den genannten Vorrichtungen bedarf man beim Arbeiten mit Glas noch einer Reihe von Hilfsmitteln, die man am besten in mehreren Exemplaren immer im Glasblasetisch selbst in Bereitschaft hält. Das wichtigste davon ist

a) Das Glasmesser. — Um Glasröhren oder -stäbe glatt abbrechen zu können, muß man vorher ihre Oberfläche an der beabsichtigten Bruchstelle ritzen. Dies geschieht am besten mit gut gehärtetem Stahl. Ein Stück Stahlblech von etwa 6 × 8 cm, dessen eine Längskante zu einer scharfen Schneide geschliffen ist, tut die besten Dienste, wenn seine Handhabung auch etwas Übung erfordert. Man schleift die Kante auf einem gewöhnlichen Sandsteinschleifstein von grobem Korn in senkrechter Richtung zu ihr unter einem Winkel von 60° an. Eine dreikantige Feile aus gutem Stahl wirkt ebenso. Die Flächen der Glasfeilen können so weit abgeschliffen sein, daß sie fast glatt sind (sog. „Schaber“); die sich hier findenden feingezahnten Kanten ritzen das Glas sehr gut. Die genannten einfachen Vorrichtungen ersetzen, wenn sie gut geschliffen sind, bei einiger Übung vollkommen die in den verschiedensten Formen in den Handel gebrachten „Glasmesser“. Diese haben in Holzgriffen befestigte Stahlschneiden, die gewöhnlich auf beiden Seiten geschärft und besonders gut gehärtet sind.

Bei anderen Konstruktionen wird die Röhre in einem besonderen Lager gedreht und auf sie der scharfe Rand eines Stahlrädchens gedrückt, wodurch auch bei weiten Röhren sehr gleichmäßige und vor allem in einer Ebene verlaufende Risse erhalten werden (Hugershoff, Leipzig).

Außer aus Stahl stellt man Glasschneideinstrumente neuerdings auch aus Carborundum her, oder ritzt mit einem besonders gefassten Diamantsplitter. In den Moränenlandschaften unserer norddeutschen Tiefebene findet man häufig den sehr harten Feuerstein (Flint). Ein messerartiger Splitter davon mit Siegellack in ein Holzheft eingekittet gibt mit seiner scharfen Schneide ein sehr wirksames Glasmesser.

b) Hilfsflammen. — Gelegentlich braucht man (z. B. beim Biegen von Röhren) flache rußende Flammen und (z. B. zum Vorwärmen oder Schmelzen sehr dünner Glasröhren und Fäden)

eine nicht durch Luftstrom angeblasene und doch genügend heiße Flamme. Es ist daher zweckmäßig, auf dem Blasetisch selbst noch einen Fischschwanzbrenner („Schlitzbrenner“) und einen gewöhnlichen Bunsenbrenner aufzustellen. Ersterer wird, aus Speckstein geschnitten, in den Handel gebracht; man kittet ihn mittels eines Kittes aus Mennige und Leinölfirniss in ein Stück Eisen- oder Bleirohr ein und steckt dieses an den Gasschlauch; man kann dann mit seiner Flamme bequem an alle Teile eines Apparates heran.

Bei sehr großen Glassachen verwendet man gleichzeitig zwei Gebläselampen, die man einander gegenüber aufstellt. Die Wirkung eines Brenners steigert man z. B. beim Arbeiten mit schwer schmelzbarem Glase dadurch, daß man vor der Flamme einen Ziegelstein, ein großes Stück Bimstein oder Holzkohle aufstellt.

c) Verschiedene Utensilien. — Zum Ausweiten und Rändern von Glasröhren verwendet man Stücke von fester Holzkohle von verschiedenen Durchmessern mit konisch zugespitzten Enden; es ist gut, ein Ende etwas weniger spitz zu machen als das andere (Fig. 7). Solche „Aufreiber“ für Glasröhren stellt man sich auch leicht aus den abgerundeten Kohlen für elektrische Bogenlampen her, welche man mit der Feile zu 6—8 kantigen Pyramiden am Ende zuspitzt. Besser noch verwendet man dazu in Holzgriff gefaßte Eisenstäbchen oder dreieckig oder gestreckt eiförmig zugeschnittene, nicht zu starke Eisen- oder Messingbleche, welche mit einem Holzgriff versehen werden. Beim Arbeiten kann man sie mit Wachs oder Paraffin schwach einfetten, damit das Metall an dem heißen Glase nicht anhaftet. Diese Schaufelchen stellt man sich in verschiedener Größe für die verschiedenen Rohrweiten her.

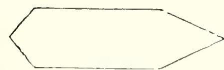


Fig. 7.

Beim Aufweiten und Rändern weiter Röhren, Flaschenhälse u. dergl. leisten die Vorrichtungen Fig. 8 und 9 gute Dienste. Ein quadratisches Stück dünnen Messingbleches von 8—12 cm Seitenlänge wird so gefaltet, daß seine Diagonalen die Kanten der pyramidalen wirtelförmigen Form *a* bilden, während die Ränder unten in Kreuzform zusammengepreßt sind. Das so gefaltete Blech wird in den kreuzförmigen Säge-

schnitt des Holzgriffes *b* gesteckt. Beim Drehen des Instrumentes um seine Achse legen die Kanten des Wirtels *a* die erweichten Ränder des aufzuweitenden Glasrohres um.

Bei Fig. 9 sind die fünf Kupferdrähte *a* von ca. 1 mm Dicke zunächst umeinander gewickelt, dann rechtwinklig um-

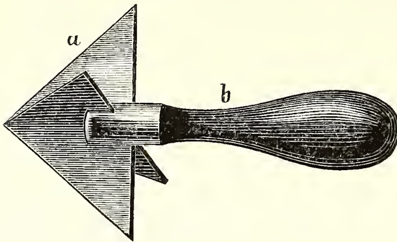


Fig. 8.

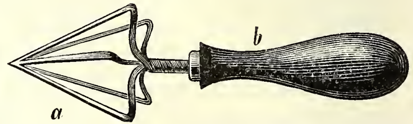


Fig. 9.

gebogen und schließlich zu einer Spitze zusammengelötet; die überragenden Drahtenden schneidet man hier scharf ab. Der zusammengewickelte Teil wird in ein Heft *b* gefaßt.

Zum Flachdrücken von heißem Glas dient bei größeren Glasteilen ein Stück reines Eisenblech, welches man auf den Tisch neben die Lampe legt, bei kleineren eine eiserne Flachzange. Beim Absprengen sehr weiter Röhren verwendet man dicke Eisendrähte, welche an einem Ende zu einem Halbkreise von etwa 2 cm, am anderen von etwa 4 cm Durchmesser umgebogen sind.

Außerdem sind weiche Kork- oder Gummistopfen von verschiedener Größe zum Schließen von Rohrenden nötig; die kleinsten schneidet man aus größeren Korken mittels scharfer Korkbohrer aus. Durchaus nicht zu empfehlen für den genannten Zweck ist das vielfach so beliebte Klebwachs, weil es die Glasteile, besonders wenn sie warm werden, verschmiert.

Zweckmäßig sind kleinere und größere Holzgabeln, welche man in die oben genannten Löcher an der Seite der Tischplatte steckt, zum Halten langer Glasröhren.

Eine eiserne, mit trockenem Sande gefüllte, auf dem Tische stehende Schale dient zum Ablegen heißer Glasteile. Neben dem Arbeitstisch wird ein innen mit Zinkblech ausgeschlagener Holzkasten gestellt, in den die Glasabfälle geworfen werden. In unmittelbarer Nähe muß sich auch ein

kleinerer Vorrat von Glasröhren von verschiedener Wandstärke und verschiedenem Lumen befinden. Dieselben liegen am besten, an den Enden mit Papier zum Schutze gegen Staub zugebunden, auf den vorn mit Leisten versehenen Brettern eines Regals horizontal aufeinander; jedenfalls nicht hohl, da sie sich sonst durchbiegen und krumm werden; stellt man sie bei Platzmangel in einem Holzständer vertikal auf, so ist der Staubschutz am oberen Ende noch dringlicher geboten.

II. Das Glasmaterial.

1. Die gebräuchlichsten Glassorten. — Alle Glassorten bestehen aus Verbindungen von Kieselsäure (SiO_2) mit Metalloxyden, aus Silicaten, meist aus einem Gemisch von mindestens zwei Silicaten. Die reinen Silicate eignen sich nicht für die Zwecke der Glastechnik. Sie lassen sich nicht so leicht durch Erhitzen in den zähflüssigen Zustand überführen als die Mischungen mehrerer Silicate; einige von ihnen werden leicht durch Wasser angegriffen, und wieder andere, im Wasser unlösliche, sind verhältnismäßig schwer schmelzbar. Gewöhnlich ist ein Überschuß von Kieselsäure im Glas vorhanden, d. h. es ist mehr darin, als notwendig wäre zur Bildung eines normalen Silicates des darin enthaltenen Metalles.

Die Glassorten, welche bei Glasblasearbeiten vor allem zur Verwendung gelangen, sind die folgenden:

a) Das leicht schmelzbare Natronglas („Thüringer Glas"). — Dieses namentlich in Thüringen verfertigte und zur Verarbeitung gelangende Glas kommt für uns bei weitem in erster Linie in Betracht, da es sich viel leichter als die anderen Sorten vor der Gebläselampe bearbeiten läßt. Freilich ist dieses verhältnismäßig weiche Glas auch einem schnelleren Verwittern („Entglasen", s. w. u.) ausgesetzt, namentlich, wenn es viel dem Einfluß des Wassers oder Säuredämpfen ausgesetzt ist; es darf daher vor der Bearbeitung nicht jahrelang liegen, sondern wird besser immer wieder frisch in kleineren Partieen bezogen.

b) Das leicht schmelzbare Bleiglas („Flintglas"). — Dasselbe wird namentlich in Frankreich und England verarbeitet. Es ist noch leichter schmelzbar als das vorige, wird

jedoch in der Flamme leicht reduziert und dann schwarz, so daß es besondere Vorsicht beim Verarbeiten erfordert. Da es sehr nahe denselben thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie das Platin hat, so eignet es sich besonders zum Einschmelzen von Platinelektroden; zu diesem Zwecke wird es auch bei uns als sog. „Einschmelz- oder Emailleglas" vielfach verwendet (s. w. u.).

c) Das schwer schmelzbare Kaliglas („Böhmisches Glas"). — Dieses meist etwas grünliche oder bläuliche Glas ist mit der Blasetischflamme nur schwer zu erweichen, findet aber in Form von Verbrennungsröhren bei chemischen Analysen eine große Anwendung. Wir werden seine Behandlung nur für diesen speziellen Zweck weiter unten näher erläutern.

d) Das Jenenser Normalglas. — Dieses von der Deutschen Reichsglasschmelze von Schott und Genossen in Jena neuerdings hergestellte Glas wird bei weitem am wenigsten angegriffen, auch vom Wasser nicht. Es hat die chemische Zusammensetzung:

Natron	14,5	Prozent
Kalk	7	„
Thonerde . . .	2,5	„
Zinkoxyd . . .	7	„
Kieselsäure . . .	67	„
Borsäure	2	„

Dieses Glas zeichnet sich vor allem auch dadurch vor allen anderen Glassorten aus, daß es fast völlig frei von der sog. thermischen Nachwirkung ist, d. h. daß es nicht noch lange nach der Abkühlung seine Form langsam ändert, eine Eigenschaft, welche es namentlich für die Anfertigung von Thermometern außerordentlich wichtig macht. Jenenser Glasröhren erkennt man an einem feinen roten oder blauen eingelegten Glasfaden in der Rohrwand.

e) Das Uranglas. — Da es häufig nötig ist, an gekaufte Apparate Stücke anzusetzen, Veränderungen oder Reparaturen vorzunehmen, und man nur in den seltensten Fällen über genau die gleiche Glassorte verfügt, verschiedene Glasarten sich aber oft nur schwer miteinander verblasen lassen, so ist es gut, sich außerdem noch mit einigen Stücken von sog.

Zusammenschmelzglas zu versehen. Es sind dies Glasröhren aus einem grünlichen, uranglasähnlichen Schmelzflusse, welcher die Eigentümlichkeit hat, sich mit allen in Deutschland gangbaren Glassorten zu verbinden. Sie sind nicht überall zu haben und am besten durch einen Glasbläser zu beziehen.*) —

Beim Glasblasen finden diese Glassorten fast ausschließlich in der Gestalt von Röhren und Stäben Verwendung. Die Röhren werden in der Hütte dadurch hergestellt, daß Kugeln, zu denen man die heiße Masse aufbläst, von zwei gegenüberliegenden Punkten desselben Durchmessers aus zu einem Zylinder ausgezogen werden. Diese Zylinder sind naturgemäß an den Enden von größerer Wandstärke als in der Mitte, ferner sind sie in der Mitte meist etwas enger und nach unten mehr oder weniger durchgebogen. Sie werden nach dem Erkalten auseinandergeschnitten und kommen als $1^1/_2$—2 m lange Stücke in den Handel. Die gangbarsten Formen sind solche, deren Wandstärke etwa $^1/_6$ des inneren Durchmessers beträgt; sie besitzen bei 1—3 mm Wandstärke 3—15 mm inneren Durchmesser (Lumen); sie lassen sich leicht biegen, man nennt sie „Biegeröhren". Röhren von 4—100 mm Durchmesser, aber verhältnismäßig geringeren Wandstärken werden zur Anfertigung größerer Glasapparate meistens verwendet, sie sind die eigentlichen „Blaseröhren". Röhren mit sehr engem Lumen sind die „Kapillarröhren", wie sie bei Thermometern verwendet werden. Sehr dickwandige Röhren nennt man „Manometer"- oder „Barometerröhren", ihrer hauptsächlichsten Verwendung entsprechend. Für eine Reihe von Arbeiten z. B. bei der Herstellung von Vakuumapparaten verwendet man Kugeln, Rund-, Kolben- und Zylindergefäße, die man in möglichst gleichmäßiger Wandstärke am besten direkt von der Hütte bezieht.

Der Glasfluß soll möglichst blasenfrei sein. Dies ist nicht immer zu erreichen; zurückbleibende Bläschen werden zu Kanälen ausgezogen. Sind diese in großer Zahl vorhanden, so geben sie dem Rohre ein streifiges Aussehen.

Wenn man sich Glasröhren kauft, so ist es gut, sich

---

*) Herr Glasbläser F. O. R. Goetze in Leipzig (Härtelstraße) übernimmt die Besorgung desselben.

einen gewissen, aber nicht zu großen Vorrat von Röhren verschiedenen Lumens und verschiedener Wandstärke zuzulegen und sie, wenn möglich, aus derselben Hütte zu beziehen, da sich Glasstücke aus der gleichen Schmelze viel leichter zusammenblasen lassen, als Stücke von oft nur wenig verschiedener Zusammensetzung.

Von den Glasstäben lassen sich nur die nicht allzu dicken mit Vorteil an der Gebläseflamme bearbeiten, jedenfalls müssen sie immer viel vorsichtiger angewärmt werden als Röhren von gleichem Durchmesser.

2) Prüfung des Glases. — Die Glasproben, nach denen man sich Röhren anschaffen will, prüft man auf ihre Brauchbarkeit zum Glasblasen nach folgenden Gesichtspunkten:

a) Äußerliche Merkmale. — Die Röhren müssen rein und durchsichtig im Glase und so viel als möglich frei von Knoten, Luftblasen und Striemen sein. Namentlich die kleinen mit Luft gefüllten Kanälchen sind oft gefährlich; beim Erhitzen des Glases blähen sie sich auf, bei Vakuumarbeiten vermitteln sie oft ganz unsichtbar eine Kommunikation des Inneren mit der äußeren Luft. Die Röhren sollen ferner möglichst gerade, zylindrisch und durchweg von gleicher Wandstärke sein. Es ist mit Rücksicht auf ihre Herstellung nicht möglich, Glasröhren von durchweg absolut gleichem Durchmesser, namentlich nicht an langen Stücken, zu erhalten, doch sollen die Unterschiede an den Enden nicht beträchtlich sein.

b) Verhalten vor der Gebläseflamme. — Viele Gläser, namentlich das leicht schmelzbare Natronglas, haben nach langem Liegen die sehr mißliche Eigenschaft, daß sie, wenn man sie erhitzt, matt, undurchsichtig und rauh werden. Man bezeichnet ein solches Verhalten als „Entglasen". Es beruht darauf, daß die Struktur des Glases aus dem amorphen in einen kristallinischen Zustand übergeht. Je mehr Kieselerde ein Glas enthält, um so leichter entglast es. Solches Glas verschmilzt sich nur schwer, es ist unbedingt zu verwerfen, denn alle Rezepte, welche man gegeben hat, solches zum Entglasen neigendes Glas wieder in einen brauchbaren Zustand zurückzuversetzen, wirken nur unvollkommen.

In der Gebläseflamme soll ein gutes Glas längere Zeit teigig bleiben, d. h. sich nicht zu schnell erweichen, aber

auch nach dem Entfernen aus der Flamme längere Zeit weich bleiben.

Ferner sollen dünne Glasröhren, die nicht allzuweit sind, nicht springen, wenn sie rasch in die Flamme gebracht werden. Hingegen halten dickere und weitere Röhren, selbst wenn ihr Glas gut ist, dies nicht aus. Doch dürfen auch sie nicht springen, wenn sie allmählich in die Flamme gebracht werden, nachdem sie in der warmen Luft vor derselben etwa eine Minute lang vorgewärmt worden sind.

Wenn ein scharfer Querritz mit einer Feile oder einem Glasmesser auf einer Röhre gemacht wird, und der Feilstrich mit der feinen, bis zur Weißglut erhitzten Spitze eines ausgezogenen Stückes einer Glasröhre derselben Glassorte berührt wird, so soll der Sprung quer um die Röhre herumgehen, so daß sie durch sanftes Aufklopfen auf eine scharfe (Tisch-) Kante oder beim Ziehen an beiden Enden in zwei Teile mit ebenem Querbruche auseinandergeht. Läuft dagegen der Sprung ganz unregelmäßig weiter und zeigt er im besonderen die Tendenz, sich der Länge nach auf der Röhre zu verbreiten, so ist diese schlecht gekühlt und kann nicht zum Blasen verwendet werden. Dabei ist aber darauf zu achten, daß die heiße Spitze des zum Sprengen benutzten Glases (s. S. 22) klein ist; denn selbst gutes Glas gibt häufig einen unregelmäßigen Bruch, wenn es mit einer zu großen Masse von geschmolzenem Glase berührt wird.

c) Chemische Probe. — Die Deutsche Reichsanstalt prüft Gläser nach folgendem Verfahren:

Eine reagenzglasähnlich geformte Rohrprobe wird mit einer ätherischen Eosinlösung oder Erythrosinlösung (= Jodeosin $C_{20}H_8J_4O_5$; 0,1 g pro 100 cbcm wassergesättigten Äthers) gefüllt, 24 Stunden stehen gelassen, dann entleert und mit Äther ausgespült. Die gelbliche Lösung hinterläßt in schlechtem Glase einen roten Überzug, in gutem geht dieser beim Abspülen fort. Die Farbe des Eosins wird dabei von dem vom Wasser gelösten Alkali verändert.

Erste Übungsstufe.

Die einfachsten Handgriffe beim Arbeiten mit Glas.

Bevor man daran geht, irgend eine Glasbläserarbeit vorzunehmen, und nach jeder Bearbeitung von Glas in der Gebläseflamme hat man gewiße Operationen auszuführen, welche immer wiederkehren und die man daher zunächst erlernen muß. Wir stellen sie voran, fügen aber zugleich eine Reihe von Handgriffen bei, welche beim Arbeiten mit Glas überhaupt eine große Rolle spielen.

1. Reinigen einer Röhre. — Man reinigt die Röhren, ehe man aus ihnen einen Apparat zusammensetzt. Eine einfache Methode besteht darin, daß man ein Stück eines feuchten Lappens ein oder zweimal durch die Röhre zieht, oder, bei engen Röhren, daß man ein wenig feuchtes Papier oder Baumwolle hindurchschiebt. Können die Verunreinigungen auf diese Weise nicht entfernt werden, so bringt man in die Röhre einige Tropfen Schwefelsäure, in der etwas doppeltchromsaures Kali gelöst ist. In jedem Falle muß die Röhre schließlich wiederholt mit destilliertem Wasser ausgespült und getrocknet werden, wobei man unter vorsichtigem Anwärmen trockene Luft durch dieselbe saugt. Dazu verbindet man die Röhre an einem Ende mit einer Saugpumpe; am anderen verschließt man die Röhre locker mit einem Wattepfropf, damit nicht Staub mit eingesaugt wird. Das Hindurchsaugen ist dem Einblasen von Luft vorzuziehen, da bei letzterem immer Staub mit eingeblasen wird.

Um das Erwärmen zu vermeiden, wäscht man das Wasser aus der gereinigten Röhre mit etwas Alkohol aus, diesen eventuell noch mit etwas (reinem!) Äther, welcher leicht verdampft. In vielen Fällen genügt es, die Röhren staubfrei zu machen und nur trocken auszuwischen. Dazu bindet man einen Wattebausch von genügender Größe an einem Bindfaden fest, den man durch die Röhre zieht, und dessen Ende auf dem Boden mit dem Fuße festgehalten wird; hebt man dann die Röhre in die Höhe, so gleitet der Bausch hindurch. Derselbe soll so groß sein, daß er sich nur schwer im Rohre bewegen läßt.

Sollte bei etwas engen und sehr langen Röhren das Hindurchziehen des Fadens Schwierigkeiten machen, so zieht man ein Ende desselben erst durch ein kürzeres und engeres Rohrstück, dessen Enden vorher zu runden sind, macht am durchgezogenen Fadenende einen Knoten und läßt den so beschwerten Faden durch die aufrecht gehaltene Röhre gleiten. Bei noch engeren Röhren (z. B. den gewöhnlichen „Biegeröhren") muß man sich meist damit begnügen, einen an einem Fadenende geknüpften Knoten durchzuziehen. Bei Kapillarröhren endlich ist auch dieses nicht möglich; man verhütet besser von vornherein das Eindringen von Staub durch Papierkappen. In keinem Falle darf bei dem Reinigen das Rohr irgendwie geritzt werden.

Quecksilberreste entfernt man durch Salpetersäure; nach dieser ist sorgfältig mit Wasser auszuspülen und zu trocknen. Sollten sich beim Trocknen Bestandteile, welche das Wasser aus dem Glas gelöst hatte, in fester Form niederschlagen, so zieht man einen Bausch von Leder, welches mit etwas Kreide bepulvert ist, durch die Röhre und wischt mit einem Wattebausche nach.

Zuletzt macht man die Röhre auch außen sorgfältig rein.

2. Schneiden von Glasröhren und Glasstäben. — Eine sehr wichtige Vorarbeit bei allen Glasbläserarbeiten ist das Abschneiden geeigneter Längen von Glasröhren und Glasstäben. Um eine glatte Trennung der Glasteile längs einer Ebene senkrecht zur Axe eines zylindrischen Glasstückes herbeizuführen, muß man immer zuerst ein Zerreissen der Oberflächenschicht veranlassen. Dieses geschieht durch Ritzen mit dem Glasmesser, bezw. der dreikantigen Feile. Verwendet man ein an einer Kante geschliffenes Stahlblech von Visitenkartengröße, so nimmt man dieses in die rechte Hand zwischen Zeige- und kleinen Finger, so daß die schneidende Kante nach oben gerichtet ist, und stützt die untere stumpfe Längskante durch den dritten und vierten Finger. Die zu zerschneidende Röhre hält man in der linken Hand und legt sie an der Stelle, an der man sie abschneiden will, senkrecht zur Kante auf diese; mit dem Daumen der rechten Hand drückt man sie, aber nur sehr wenig, gegen die Schneide, und dreht nun die Röhre mit der Linken, bis etwa $^1/_6$ ihres Umfanges dieselbe Schneidenstelle passiert hat. Hat die Schneide

einmal gegriffen, so führt dieselbe Stelle den Riß auch weiter. Ganz ähnlich verfährt man mit einem Glasmesser oder der Dreikantfeile. In jedem Falle ist das in der Hand halten von Rohr und Messer besser, als wenn man das Rohr auf den Tisch legt und mit dem Messer darauf drückend die Röhre rollt, da man den Druck viel sicherer beurteilen und abmessen kann. Bei dünnwandigen Röhren darf man nur sehr wenig drücken. In keinem Falle soll, wie es der Anfänger häufig tut, mit dem Glasmesser eine sägende Bewegung ausgeführt werden; das Schneiden des Glases erfolgt viel eher bei einem darüber Hindrücken einer scharfen Ecke, als beim sägenden darüber Hinführen einer großen Zahl von feinen Auszackungen der Schneide. Greift das Messer nicht beim Abrollen der Röhre, so ist es stumpf und muß frisch geschliffen werden; durch Benetzen der reißenden Kante kann man oft etwas nachhelfen. Der Riß soll tief, nicht breit und flach sein.

Zum Ritzen kann man auch den Glaserdiamant benutzen; man legt ihn auf eine Unterlage und dreht die einzelnen Röhrenstellen an ihm entlang. Besser noch befestigt man ihn so an einem Stiele, daß er quer zur Längsrichtung desselben steht, und führt ihn in das Innere des Rohres ein. Zum Anritzen von dicken Glasröhren ist folgende Anordnung zu empfehlen: In einem Griff mit Stichblatt ist ein Stab verschiebbar, welcher nahe dem einen Ende einen guten Glaserdiamanten trägt. Je nachdem die Stelle, an welcher man das Glasrohr schneiden will, mehr oder weniger vom Ende entfernt ist, schiebt man den Stab aus dem Griff hervor, befestigt ihn mittels einer Stellschraube, führt das Werkzeug bis zum Stichblatt in das Glasrohr ein und macht mit dem Diamanten einen kreisförmigen Strich (C. Gerhardt, Bonn).

Weiches Glas kann man mittels einer guten, feinen, scharfkantigen Feile bearbeiten, wenn man sie mit einer Lösung von Kampfer in Terpentinöl anfeuchtet.

Um nun das Abreißen der Glasteilchen längs des Risses herbeizuführen, verfährt man je nach Umständen verschieden.

a) Brechen von Röhren. Dasselbe ist nur anwendbar bei Biegeröhren und dann, wenn man zu beiden Seiten des Rißes genügend Platz hat, um mit den Händen bequem an-

faßen zu können. Das Brechen besteht mehr in einem Ziehen der beiden Seiten auseinander; dabei ist der Zug etwas von der geritzten Stelle gegen die Rohrachse hin gerichtet. Man hält die Röhre vor die Brust, erhebt die Ellbogen frei und faßt die Röhre so, daß der Feilstrich nach der Brust zugekehrt ist. Die beiden Daumen legt man der Länge nach an die Röhre auf der Strichseite glatt an, etwa einen Finger breit von dem Schnitt entfernt. Durch mäßiges Ziehen in der Längsrichtung des Rohres mit einer ganz sanften Tendenz nach außen, als ob man den Riß weiter öffnen wollte, kann man die beiden Rohrteile an der geritzten Stelle leicht trennen. Man vermeide es durchaus, mehr Kraft anzuwenden, als absolut notwendig ist und beachte stets, daß man immer mehr ziehen als brechen muß. Wenn die Röhre so lang ist, daß man an beiden Hälften mit der ganzen Handlänge anfaßen kann, so erzielt man bei einiger Übung mit dieser einfachen Methode noch günstige Resultate selbst bei Röhren von 2—3 cm Durchmesser, wenn nur ihr Glas weder zu dünn noch zu dick ist. Bei sehr weiten und vor allen Dingen bei starkwandigen Röhren genügt ein einfacher Feilstrich nur in seltenen Fällen, man muß tiefer ritzen und den Riß halb oder ganz um das Rohr herumführen. Bei dünnen und weiten Röhren legt man die Feile mit einer Kante nach oben auf den Tisch und führt mit der an beiden Enden gefaßten Röhre einen kurzen, scharfen Stoß an der der geritzten gerade gegenüberliegenden Stelle gegen die Feilenkante: die Röhre bricht glatt ab. Ein ähnliches Verfahren kann man anwenden, wenn man Enden einer Röhre abbrechen will, die zu kurz zum Anfaßen sind. Man drückt die Glasröhre fest auf die Feilenkante und führt einen kurzen scharfen Schlag gegen das überstehende Ende, etwa mit einem Stück einer starken Glasröhre oder einem Holzstück.

b) Absprengen von Röhren. Die eben erwähnte einfachste Methode kann man nicht mehr anwenden bei sehr weiten Röhren, oder dann, wenn die zu schneidende Röhre im Glase zu dünn ist, oder die Enden so kurz sind, daß man sie nicht mehr fest anfaßen kann. In diesen Fällen sprengt man die Röhren ab. Je nach der Dicke der Rohrwand oder des Glasstabes und dem Lumen der Röhre verfährt man dabei in verschiedener Weise.

α) Absprengen durch direkte Flammenwirkung. Dickwandige Röhren oder Glasstäbe von nicht zu großem Durchmesser versieht man an der Sprengstelle ringsum mit einem tiefen, scharfen Riß, lenkt gegen diesen die feinste Stichflamme, die man mit der Gebläselampe erzeugen kann und dreht dabei die Röhre oder den Stab rasch um. Dabei bläst man auf den Riß, der sich schnell in das Innere fortsetzt.

Bei weniger dickwandigen Röhren oder dünnen Stäben genügt ein kleines Gasflämmchen. Man stellt sich ein solches in einfachster Weise her, indem man ein Stück eines Kapillarrohres an dem Gasschlauche befestigt und das durch die feine Öffnung austretende Gas anzündet. Hält man den Ritz über die Spitze der kleinen fast nicht leuchtenden Flamme, so bildet sich hier ein kleiner Sprung, den man durch Drehen der Röhre weiter führen kann.

β) Absprengen mittels eines heißen Glastropfens oder mittels Sprengkohle. Bei gewöhnlichen Blaseröhren führt man das Reißen des Glases von einem feinen Ritz aus durch Betupfen mit heißem Glas oder glühender Sprengkohle weiter.

Man macht einen Riß mit dem Glasmesser oder der Feile und berührt diesen mit dem Ende eines kleinen Stückes Glasrohr, das man ausgezogen und an seiner Spitze bis zum Schmelzen erhitzt hat. Die erhitzte Glasmasse muß klein sein, sonst fällt der Bruch uneben aus oder die Röhre springt nach verschiedenen Seiten hin. Man berührt im ersten Momente nur leise und drückt in dem Maße den heißen Glastropfen an der Röhre breit, als er erkaltet, damit immer neue heiße Teile an die geritzte Stelle gelangen. Damit dies mit Sicherheit geschehen kann, unterstützt man die Hand, etwa indem man den vierten Finger der das Glasstück führenden Hand auf die Röhre stemmt, welche man mit der anderen Hand festhalten muß. Läuft der Sprung nicht ganz um die Röhre herum, so zieht man beide Teile sanft auseinander, wie S. 21 angegeben oder vollendet die völlige Trennung der Rohrstücke durch vorsichtiges Klopfen. Ist der Sprung im Verhältnis zum Röhrendurchmesser nur sehr klein ausgefallen, so erhitzt man den Glastropfen, der zum Sprengen gedient hat, aufs neue und nähert ihn einem Ende des Sprunges, doch ohne das Glas selbst zu berühren. Bewegt man das heiße

Glas in einer Richtung vorwärts, so folgt der Sprung. An Stelle des heißen Glases wendet man auch Stifte von Sprengkohle an; dieselbe brennt, einmal angezündet, von selbst weiter, man braucht sie nicht, wie das Glas, von Zeit zu Zeit wieder in die Flamme zu bringen.

Beim Sprengen mit Kohle zeichnet man sich zweckmäßig den beabsichtigten Verlauf des Sprungrißes mit Tinte oder einem auf Glas schreibenden Fettstifte vor. Will man von einem Gefäße den Rand oder Boden abschneiden, so legt man die Kohle auf eine Unterlage von passender Höhe und dreht das auf dem Tische stehende Gefäß an der Kohle entlang. Die Kohle muß mit konischem Ende brennen; man dreht sie langsam um ihre Achse und erneuert die Glut immer durch Daraufblasen. Die Sprengkohle ist so nahe wie möglich am Glase hinzuführen, ohne daß sie dasselbe berührt. Um sie zu löschen steckt man das brennende Ende in trockenen Sand.

γ) Absprengen durch einen heißen Glasfaden. — Eine Methode, welche von den Verfertigern von Tafelglas vielfach und mit großer Virtuosität verwendet wird, und die sich bei großen Stücken als sehr zweckmäßig erweist, besteht darin, daß man einen Faden von heißem Glase rund um die Röhre wickelt. Den Glasfaden erhält man, indem man ein Stück Glasrohr in der Mitte bis zum Weichwerden erhitzt und dann auszieht. Man legt den noch heißen Faden auf die Röhre; er klebt hier fest; man dreht hierauf das Rohr um die Achse und zieht dadurch von dem noch in der Flamme befindlichen Rohrstück einen Faden ab, der sich auf das abzusprengende Rohrstück aufwickelt. Der Faden wird dann sofort wieder entfernt; hierauf wird ein Punkt, der unter dem Faden gelegen hat, rasch mit Wasser oder kaltem Eisen berührt, worauf ein Riß längs der ganzen Zone entsteht, welche durch den Faden erhitzt worden war.

δ) Absprengen mittels eines Drahthakens. — Sehr weite Röhren, auch Glasflaschen, sprengt man ab durch Berührung mit einem zur Rotglut erhitzten (Eisen-)Draht, den man an einem Ende zu einem halbkreisförmigen Haken vom gleichen Durchmesser wie das abzusprengende Stück gebogen hat. Man erhitzt den Draht, klemmt ihn etwa in einem Schraubstocke so fest, daß die Öffnung des Hakens nach oben

liegt, legt das Rohr an der vorher geritzten Stelle hinein und dreht es langsam in demselben herum; dieses Erhitzen einer schmalen Zone rings um die Röhre herum genügt in den meisten Fällen, um das Abspringen der Röhre herbeizuführen. Ist die Röhre schwach konisch, so biegt man den Draht in Ringform mit einem Durchmesser gleich dem der Röhre an der Stelle, wo der Riß erfolgen soll und führt den Ring von der schmalen Seite her heran. Sollte die einfache Berührung mit dem heißen Eisen noch nicht genügen, so entfernt man den Ring, nachdem man die Röhre einigemale in ihm herumgedreht hat, und kühlt eine Stelle der heißen Zone durch Berührung mit kaltem Eisen rasch ab; in vielen Fällen reicht das Blasen mit dem Munde schon aus.

ε) Absprengen durch einen brennenden Faden. — Man wickelt einen Faden, der mit Terpentinöl getränkt ist, locker um die Röhre und zündet das Terpentinöl an; bei plötzlicher Abkühlung einer Stelle der erhitzten Zone tritt gewöhnlich ein dieser Zone folgender Riß auf, den man nötigenfalls auf die oben angegebene Art mittels eines heißen Glastropfens, der Sprengkohle oder des heißen Drahthakens weiterführen kann. Diese Methode empfiehlt sich bei sehr dicken Röhren, sowie dann, wenn man den Boden von Flaschen, Einmachegläsern u. dergl. absprengen will.

ζ) Absprengen zwischen Papierwülsten. — Aus gewöhnlichem Filtrierpapier schneidet man sich mehrere etwa $1^1/_2$ cm breite Streifen aus, die man anfeuchtet. Man ritzt die Röhre und wickelt zu beiden Seiten dicht neben dem Feilstriche zwei Wülste aus den Papierstreifen auf die Röhre auf, die man eventuell noch durch Bindfaden festbindet. Bringt man dann die geritzte Stelle über den Bunsenbrenner oder vor die Stichflamme der Gebläselampe, so bildet sich vom Feilstrich ausgehend ein glatter Sprung um die Röhre, welcher die Mitte zwischen den Papierwülsten einhält.

η) Absprengen durch einen galvanisch glühenden Draht. — Auf die geritzte Stelle wird eine Platindrahtschlinge rings um das Rohr gelegt; dabei darf aber der Platindraht sich selbst an keiner Stelle berühren. Nun wird der Draht zum Glühen gebracht, und zwar dadurch, daß man seine Enden mit den Polen einer aus etwa 6—8 Bunsenelementen oder

3—4 Akkumulatoren bestehenden galvanischen Batterie verbindet.

Hat man Centralenstrom zur Verfügung, so befestigt man an zwei Stromzuführungspunkten unter Vorschaltung eines kleinen Bogenlampenregulierwiderstandes eine horizontale, etwa 12—15 cm lange Schlinge eines 1—2 mm dicken Eisen- oder Nickelindrahtes, die man durch den Strom zur Rotglut erhitzt: Legt man in sie die Röhre ein, und dreht sie, dieselbe sanft gegen das Schlingenende ziehend, langsam herum, so gelingt das Absprengen sehr sicher.

3. Biegen von nicht zu weiten Glasröhren in der rußenden Flamme. — Die Gebläseflamme eignet sich außer in gewissen speziellen Fällen, die weiter unten behandelt werden sollen, nicht zum Erhitzen, wenn man Röhren biegen will. Bei den sogenannten Biegeröhren und bei Blaseröhren von mäßiger Weite empfiehlt sich ein Fischschwanz-(Schlitz-)brenner für diesen Zweck. Man wende eine Flamme von 4—6 cm Breite — gemessen von A bis A (Fig. 10) — an, je nach der Größe der Röhre. Ist die Länge des erhitzten Röhrenstückes geringer, so knickt das Glas an der konkaven Seite der Biegung leicht ein.

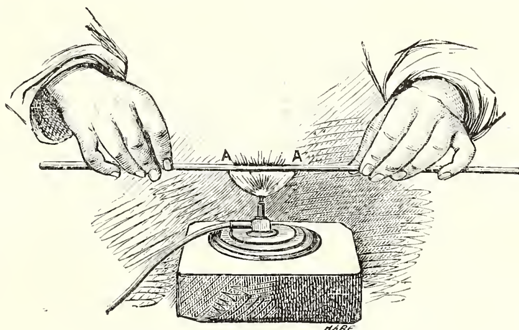


Fig. 10.

Die Röhre wird beim Erhitzen in der durch Fig. 10 erläuterten Weise auf beiden Seiten gehalten und fortwährend in der Flamme um ihre Längsachse gedreht, so daß sie auf allen Seiten gleichmäßig heiß wird. Soll die Biegung an einer bestimmten Stelle liegen, so bezeichnet man sich dieselbe vorher mit etwas Kreide auf der Röhre und bringt diese Marke mitten zwischen A und A zu liegen. In der Figur liegen die Hände über der Röhre, mit dem Handrücken nach oben; die Röhre kann nach Bedürfnis auch von unten mit nach abwärts gerichteten Handrücken unterstützt werden.

Diese Stellung ist oft sogar noch bequemer. Es ist schwer zu sagen, welche Handstellung vorzuziehen sei. Hat man ein großes und schweres Stück zu erhitzen, so ist die erste Stellung vielleicht empfehlenswerter. Bei länger andauernden Arbeiten wechselt man ab.

Ist die Röhre weich geworden, so nimmt man sie aus der Flamme und biegt sie bis zu dem gewünschten Winkel zusammen. Die Seite, welche zuletzt der Flammenhitze aus-



Fig. 11.

gesetzt war, ist etwas heißer und daher weicher als die gegenüberliegende. Diese heißere Seite muß den konkaven Teil der Biegung bilden.

Den richtigen Grad der Erhitzung, bei welchem das Glas sich am besten biegen läßt, erlernt man nur durch einige Versuche richtig bemessen. Ist es überhitzt worden und daher zu weich, so fallen die Wände zusammen. Wenn man in dem Bestreben, die Seite *A* (Fig. 11) ein wenig heißer zu machen als *B*, die Seite *B* zu wenig erhitzt hat, so kann die Röhre leicht an ihrer konvexen Seite *B* beim Biegen brechen. Wenn die Röhre einfallen will, was man nicht immer vermeiden kann, wenn man sehr dünne Röhren biegt, so bläst man während des Biegens vorsichtig zu einem Ende der Röhre hinein,

wobei das andere Ende zu schließen ist. Ist eine Röhre schon zusammengefallen, so kann man sie bis zu einem gewissen Grade wieder zurückblasen, wenn man mit einer ganz leichten, kleinen Stichflamme an die einzelnen Falten herangeht und jede für sich aufbläst; doch ist es nicht leicht, auf diesem Wege eine gefällige Form herauszubringen.

Wenn man einen Winkel wie in Fig. 11 biegen will, so muß man darauf achten, daß die Schenkel *C* und *D* und die Kurve *B* in einer Ebene liegen. Um dies mit Sicherheit zu erreichen, hält man die Röhre so, daß die Biegungsebene senkrecht zum Körper steht, und daß man über dieselbe mit einem Auge hinvisieren kann.

Will man eine sehr scharfe Biegung erzielen, so ist es mitunter geraten, eine nicht zu scharfe und nicht zu spitze Flamme der Gebläselampe zu benutzen. Man schließt ein Ende der Röhre, erhitzt die Biegungszone ziemlich hoch und bläst die Röhre in dem Momente, wo man sie umbiegt, in die richtige Form; das Glas muß hierzu sehr weich gemacht werden, und man hält die Röhre zweckmäßig so, daß die Biegungsstelle vertikal nach unten gerichtet ist.

Erleichtert wird das Biegen namentlich weiter Röhren, wenn man sie vorher mit trockenem Streusand füllt und beiderseitig mit Stopfen schließt. Die Röhre kann dann nicht zusammenfallen und gibt sehr gefällig aussehende Biegungen; nur darf man nicht so weit erhitzen, daß der Sand festbäckt.

Man läßt, wo es angeht, die Biegung unter der Wirkung der Schwere des einen Teils erfolgen, den man dann nur lose mit der Hand führt.

Über das Biegen von weiten Röhren, Herstellen von U- und Spiralröhren, Operationen, die etwas schwieriger sind, siehe weiter unten.

4. Die Flammen der Gebläselampe. — Ehe man zum Glasblasen selbst übergeht, muß man sich vollständig mit der Handhabung der Hähne für Gas und Luft und der Herstellung der verschiedenen Flammen vertraut machen, welche man mit der Gebläselampe herstellen kann. Da man oft mitten in der Arbeit eine Umregulierung des Gas-, bezw. Luftzutrittes vornehmen muß, so ist es ferner nötig, diese Regulierungen schnell und wenn irgend möglich mit einer Hand

oder, wenn man die Einrichtung S. 9 getroffen hat, mit dem Fuße vornehmen zu können. Dies kann man nur nach einiger Übung erreichen. Bei diesen Vorübungen orientiere man sich ferner über das Verhalten der verschiedenen Glassorten, über die man verfügt, in den verschiedenen Flammen. Namentlich das Verhalten des Bleiglases erfordert einige Vorversuche. Man muß sich, ehe man an die eigentlichen Glasblasearbeiten geht, darüber ein Urteil bilden, was man den einzelnen Gläsern zumuten darf, und wie sie am sichersten und schnellsten in den plastisch weichen Zustand zu versetzen sind, in dem sie zur Bearbeitung fähig werden.

Man kann darüber keine allgemein gültigen Regeln geben, da dies wesentlich mit von der Beschaffenheit der Lampe abhängt.

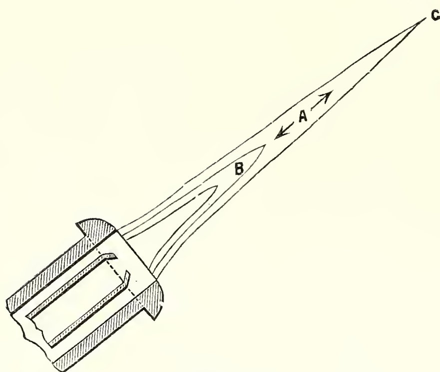


Fig. 12.

Der Erfolg hängt aber so sehr von der Bekanntschaft mit den Heizkräften der Gebläselampe und der Leichtigkeit, mit der man sich die Vorteile derselben zunutze macht, ab, daß im Anfang keine Mühe gespart werden mag, Erfahrung in dieser Beziehung zu sammeln. Man unterscheidet drei Arten von Flammen:

a) Die Stichflamme. — Wenn der Gashahn der Gebläselampe so gestellt ist, daß verhältnismäßig wenig Gas Zutritt hat, und dazu vorsichtig viel Luft gelassen wird, so kommt eine lange Flamme zustande, die in eine feine Spitze ausläuft (Fig. 12): die Stichflamme. Sie soll nichtleuchtend sein, und da die zu ihrer Erzeugung nötige Luftmenge im Vergleich zur Gasmenge groß ist, so ist in allen ihren Teilen ein Überschuß von Sauerstoff bis zur Spitze *C* hin zu finden. Dadurch, daß man das Verhältnis von Luft und Gas geeignet wählt, kann man mit derselben Gebläselampe Stichflammen von verschiedener Größe erhalten. Ferner unterscheiden sich Stichflammen derselben Größe durch die Menge der in ihnen

enthaltenen Luft, und damit der Menge des völlig verbrannten Gases, also ihrer Temperatur voneinander als „scharfe“ und „milde“ oder „leichte“ Flammen. Die ersteren erhält man bei kräftigem Luftzutritt; sie sind sehr heiß, erweichen das Glas daher sehr schnell und vollständig; sie unterscheiden sich durch ihr Sausen von denen der zweiten Art, die bei geringem Luftzutritt und geringerer Temperatur sich dann empfehlen, wenn ein allzuschnelles Weichwerden des Glases vermieden werden muß. Die an Sauerstoff reiche Umgebung der Spitze *C* der Flamme ist der oxydierende Teil derselben. In dem sauerstoffärmeren blauen Teil zwischen der Spitze des inneren grünlichen Kegels *B* und der Flammenspitze *C* wirkt die Flamme reduzierend, was wohl zu beachten ist, wenn man mit Bleiglas oder einem Emailleglas (z. B. beim Einschmelzen von Drähten) zu tun hat. Dieses darf man nur in den äußersten Saum der sauerstoffreichen Oxydationsflamme bringen, dessen Temperatur auch völlig ausreicht, das Glas weich zu machen. Sowie man es in den blauen Teil in die Gegend von *A*, Fig. 12, bringt, in dem die brennbaren Gase im Überschuß, der Sauerstoff im Unterschuß vorhanden ist, wird das Bleioxyd des Glases zum Teil reduziert, zeigt dann einen roten Fleck auf dem heißen Glase und wird beim Erkalten schwarz an der Oberfläche. Ist der Reduktionsprozeß noch nicht zu weit fortgeschritten, so kann man seine störende Wirkung wieder dadurch aufheben, daß man das Glas sofort wieder in den vorderen oder äußeren, oxydierenden Teil der Flamme bringt. Gewöhnliches Natronglas sowie schwer schmelzbares Kaliglas bearbeitet man besser in der inneren (blauen) Reduktionsflamme, da diese namentlich an ihrer Spitze den heißesten Teil der Flamme enthält, und bei diesen Glassorten die Gefahr der Reduktion ausgeschlossen ist. Der Teil der Stichflamme, den man beim Glasblasen also gewöhnlich benutzt, ist die Spitze oder in einigen Fällen der Raum unmittelbar vor der Spitze.

b) Die Besen- oder Brauseflamme. — Schiebt man die äußere Hülse der Lampe vor, so daß der Raum zwischen innerer Spitze und der Wandung des Gasausflußrohres größer wird, wendet man einen starken Gaszufluß an und treibt einen reichlichen Luftstrom in die Flamme, so erhält man statt der

conischen, ruhig brennenden Stichflamme eine nicht leuchtende, flackernde Flamme von großer Ausdehnung. In ihrer Form gleicht sie einem großen Haarpinsel; sie wird Besenflamme, große Flamme oder wegen ihres brausenden Geräusches auch Brauseflamme genannt (Fig. 13). Der Hauptvorteil einer großen Gebläselampe besteht darin, daß man mit ihr eine große derartige Besenflamme erzeugen kann, was oft von Wert ist. Bei gleichzeitigem Vermindern von Gas- und Luftzufluß kann man kleinere Besenflammen von gleichem Heizwerte erzeugen, durch geeignete gegenseitige Abgleichung von Gas- und Luftzufluß, wie bei den Stichflammen, scharfe und weiche, d. h. minder heizende „große Flammen“.

Der Luftstrahl, den eine gewöhnliche Gebläselampe bei der für Herstellung von Stichflammen geeigneten engdurchbohrten Spitze des Luftrohres liefert, ist oft zu fein, so daß selbst bei einem guten, kräftigen Blasebalg keine Besenflamme mit einem Überschusse an Sauerstoff zustande kommt. Dann setzt man eine Einsatzspitze auf die Luftröhre, welche weiter durchbohrt ist, oder entfernt die Spitze überhaupt. Um in diesem Falle günstige Resultate zu erzielen, ist es gut, wenn der innere Durchmeser der zentralen Luftröhre etwa halb so groß ist, als der von der äußeren Röhre.

Man muß mit dem Blasebalg so wirken, daß ein kräftiger und völlig gleichmäßiger Luftstrom entsteht, und den Gaszufluß so abgleichen, daß sich in der Flamme nirgends leuchtende Striemen zeigen, welche eine unvollständige Verbrennung andeuten würden. Andererseits muß man sich hüten, die Temperatur der Flamme durch allzu energisches Lufteinblasen herabzusetzen.

Bei *A* (Fig. 13) beginnt hier der reduzierende Teil der Flamme, der sich bis nahe zur Spitze *B* erstreckt; in und bei *B* selbst wirkt die Flamme oxydierend, wovon man sich durch das Verhalten, welches z. B. Bleiglas in den verschiedenen Teilen zeigt, überzeugen kann. Im inneren Teile der Flamme erniedrigt die Gegenwart einer gewissen Quantität noch unverbrauchter Luft die Temperatur etwas; in oder nahe bei *A*, wo die Verbrennung nahezu eine vollständige, und doch kein Überschuß an Luft vorhanden ist, erreicht die Temperatur den höchsten Grad.

c) Die rußende Flamme. — Läßt man das Gas ganz frei zuströmen und wendet man nur so viel Luft an, daß das brennende Gas eine bestimmte schräge Richtung annimmt, so erhält man eine rußende, leuchtende Flamme, die hauptsächlich beim Anwärmen und Abkühlen verwendet wird.

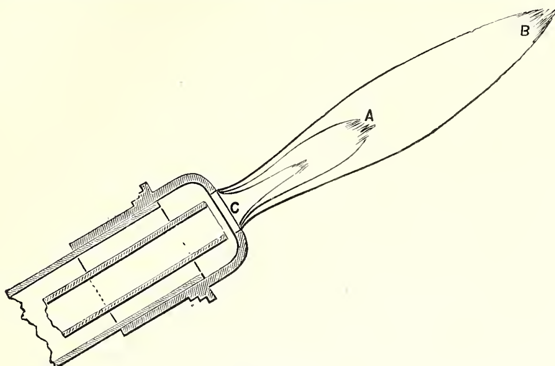


Fig. 13.

Einige Konstruktionen von Gebläselampen geben außer den erwähnten drei Flammenarten noch eine nicht leuchtende, verhältnismäßig schwach heizende Flamme, welche der eines gewöhnlichen Bunsenbrenners ähnelt. Sie ist vollständig durch eine solche ersetzbar und darum an der Gebläselampe selbst entbehrlich.

5. Das Anwärmen des Glases. — Jedes Glas springt, wenn man es plötzlich in die Flamme bringt. Es muß in jedem Falle eine kurze Zeit vorn vor die Flamme gehalten und in der heißen Luft daselbst beständig gedreht und etwas hin und her bewegt werden, damit es über eine beträchtliche Fläche hin angewärmt wird. Ist es hierdurch ziemlich heiß geworden, so bringt man es allmählich näher an die Flamme heran und schließlich in Berührung mit derselben, noch immer unter steter Drehung und Bewegung, so daß ein größerer Teil der Röhre an der Erwärmung teilnimmt. Ist indessen das Glas erst in die Flamme gebracht, so läßt man die Hitze der Flamme nur auf die Stelle wirken, die man wirklich erweichen will. Dieses Erweichen beginnt bei Natronglas in dem Momente, in dem sich die Gelbfärbung der Flamme zeigt.

Man muß bei dieser vorbereitenden Operation sehr darauf achten, daß man das Glas, namentlich leicht schmelzbares,

beim Vorwärmen nicht so weit über größere Flächen hin erhitzt, daß es weich wird. Wenn man Verbindungen größerer Stücke oder solche in großer Nähe nebeneinander machen will, so muß man alle Partien, welche der augenblicklich erhitzten benachbart sind, ebenfalls heiß oder doch warm erhalten, weil sonst beim Abkühlen die ungleich erhitzten Teile voneinander springen. Dies geschieht dadurch, daß man in kurzen Intervallen die Arbeit unterbricht und die kühleren Teile der Röhre wieder etwas miterwärmt.

Beim Erhitzen des Glases wird man mehr durch das Gefühl geleitet, als durch das, was man am Glase sieht. Dieses Gefühl kann nur durch Übung angeeignet werden. Fast durchgängig kann man beobachten, daß Anfänger das Glas heißer machen, als notwendig ist; daß sie ferner größere und namentlich auch heißere Flammen benutzen, als für den vorliegenden Zweck erforderlich wäre. Dadurch wird das Glas zu weich und es wird eine zu große Partie geschmolzen; es fällt zusammen und nur ein Geübter kann es wieder zurechtblasen. Man wende daher anfangs die kleinste Flamme an, mit der man auskommen kann. In allen Fällen, wo man weiches Glas aufzublasen hat, versuche man das Glas bei niederen Temperaturen zu blasen, ehe man zu höheren übergeht.

Es mag noch daran erinnert werden, daß Glas, welches nur gebogen werden soll, viel weniger hoch erhitzt zu werden braucht als Glas, welches aufzublasen ist. Man vermeide endlich Glas an derselben Stelle zu oft zu erhitzen; es wird dadurch schlecht und unbrauchbar.

6. Das Kühlen erhitzten Glases. — Ein Apparat, dessen Glas sehr dünn und gleichartig ist, kühlt sich nach dem Erhitzen, wenn er von der Flamme entfernt wird, durch und durch gleichmäßig ab; er kann daher ohne besondere Vorsichtsmaßregeln erhitzt und wieder abgekühlt werden. Ist das Glas aber dick und namentlich an verschiedenen Stellen von ungleicher Dicke, so kühlen sich die dünneren Partien schneller als die stärkeren ab; dadurch bilden sich Spannungen aus, und es treten Sprünge entweder ganz von selbst oder bei irgend welcher plötzlichen Erschütterung auf. Es ist daher nötig, heißes Glas so regelmäßig als möglich abkühlen zu

lassen. Gewöhnlich kann man sich damit begnügen, das Glas so lange in eine rußende Flamme zu halten, bis es ganz mit Ruß überzogen ist; dann steckt man es so auf dem Blastische fest, daß die heißen Teile nirgends aufliegen und überläßt den Apparat sich selbst. Sollten die beiden aneinander geschmolzenen Teile nicht aus demselben Glase bestehen und beim oder nach dem Abkühlen wiederholt springen, so wird man vorziehen, die Verbindung mittels des S. 14 erwähnten „Zusammenschmelzglases“ herzustellen. Es werden noch verschiedene besondere Abkühlungsmethoden (z. B. Einwickeln in Watte, Abkühlen in trockenem Sande u. s. w.) empfohlen; wenn man aber durch Regulieren des Luftzuflusses allmählich von den heißen Flammen, mit denen man geblasen hat, zu immer kühleren übergeht, was man durch einige Übung bald erlernt, und schließlich noch in der rußenden Flamme einige Zeit lang mit dem Stücke verbleibt, so wird bei gutem Glase und vollkommener Verblasung ein Springen ausgeschlossen sein.

Zweite Übungsstufe.

Übungen mit einer Hand.

Ehe wir zu den Übungen übergehen, bei denen beide Hände zugleich in Anspruch genommen werden, wollen wir zunächst einige voranschicken, welche mit einer Hand auszuführen sind; die andere Hand bleibt dabei völlig für die Regulierung der Flammen und zur Handhabung von Werkzeugen frei. Diese Übungen sollen zunächst zu einer ruhigen und sicheren Handhaltung führen. Die Hauptschwierigkeit, welche dem Anfänger das Glasblasen macht, liegt gewöhnlich darin, daß der zu bearbeitende Gegenstand meist fortwährend in der Flamme gedreht werden muß. Dabei müssen beide Enden völlig gleichmäßig bewegt werden, da weder ein Überdrehen des einen Teiles, noch ein Ziehen oder Zusammendrücken beider Teile gegeneinander stattfinden darf. Da man dazwischen erweichtes Glas hat, so kann bei diesem Drehen die eine Hand die andere nicht unterstützen, jede Hand muß

also eine völlig gleichförmige Drehbewegung ganz für sich herbeiführen.

Um hierin die nötige Übung zu erhalten, mache man zunächst einige Vorübungen mit kleinen zylinderförmigen Stücken, etwa zwei Bleistiften, an denen man die bequemste Handstellung ausprobiert. Es werden viele Regeln über die richtigste Handstellung gegeben; dieselben weichen vielfach voneinander ab. Ich glaube, daß man hierüber überhaupt keine allgemein gültigen Gesetze aufstellen kann und halte die für den Lernenden bequemste Art der Führung des Glasstückes auch für seine richtigste. Bei den folgenden Übungen finde ich es am einfachsten, das zu drehende Stück Glasrohr von oben zu fassen, mit dem kleinen Finger ein ringförmiges Lager durch Zusammenkrümmen desselben zu bilden, in dem das Glasrohr sich dreht; mit dem vierten und dritten Finger unterstützt man von unten und dreht die Röhre mit dem Zeigefinger und Daumen. Diese Regel ergibt für beide Hände eine bequeme Handhaltung. Zu ihrer Einübung schneide man sich zunächst engere, später immer weitere Biegeröhren in 15—20 cm lange Stücke, und stelle mit diesen die folgenden Übungen an und zwar abwechselnd mit der einen und mit der anderen Hand.

1. Runden von Röhrenenden. — Hat man ein Stück einer Röhre abgeschnitten, so bleibt zunächst ein scharfer Rand, der nicht nur die Hände, sondern auch die eventuell einzuführenden Stopfen, die anzusetzenden Schläuche u. s. w. gefährdet. Bis zu einem gewissen Grade umgeht man dies, wenn man die Ränder mit dem Glasmesser oder einer feinen (eventuell noch mit Kampfer-Terpentinlösung befeuchteten) Feile glättet. So kann man wenigstens die namentlich beim Hineinblasen mißlichen Schärfen entfernen, wenn auch leicht zu viel Glas abgebröckelt wird. Weit besser ist es, das Röhrenende in der Flamme abzurunden. Dies geschieht, indem man das Ende des Glases in oder besser nur vor der Flamme unter beständigem Drehen erhitzt, bis es eben anfängt weich zu werden, wobei man die Rohrachse etwas schräg gegen die Flamme richtet. Zu vermeiden ist hierbei das Erhitzen von allzuviel Glas; die Flamme soll nur an der Schnittfläche selbst spielen, wonach auch die anzuwendende Flammengröße zu bemessen

ist. Bei nicht zu hartem und dünnwandigem Glase genügt schon die Bunsenflamme zum Runden. Dann läuft das erweichte Glas unter der Wirkung seiner Oberflächenspannung zusammen, die scharfen Kantenwinkel verschwinden und machen Rundungen Platz. Jedes freie Rohrende soll bei jedem Glasapparate, ehe er den Blastisch verläßt, gerundet werden.

2. Rändern (Umkröpfen, Börteln) von Röhrenenden. — Wenn ein Röhrenende durch einen Stopfen verschlossen werden soll, so ist es oft erwünscht, den Rand des Rohres zu verstärken, um es zum Aushalten eines stärkeren Druckes geeignet zu machen oder dasselbe trichterförmig aufzuweiten, um die Dichtungsfläche mit dem Korke zu verbreitern. Letzteres geschieht durch Umlegen des Randes.

a) Verdicken des Randes. — Treibt man die Erhitzung des Randes weiter als bei der vorigen Übung, so rundet sich derselbe in stärkerem Maße, es sammelt sich mehr Glas an der erweichten Öffnung und allmählich zieht sich der Rand zusammen, so daß das Lumen der Röhre hier verengt wird. Fortwährendes gleichmäßiges Drehen der Röhre ist daher zur Herstellung eines überall gleich dicken Randes, namentlich bei weiteren Röhren unerläßlich. In einen solchen verdickten Rand läßt sich ein Pfropfen sehr fest eindrücken.

b) Umlegen des Randes nach außen. — Man erhitzt das Röhrenende unter unausgesetztem Drehen bis zum Weichwerden, nimmt dasselbe dann von der Flamme weg und führt eine zugespitzte Kohle, eines der Blechschaufelchen oder eines der Instrumente Fig. 8 oder Fig. 9 in die Mündung ein. Durch gleichmäßiges Drehen der Röhre und gleichzeitiges sanftes Andrücken gegen die ausweitende Vorrichtung wird der Rand umgelegt. Der Eisenblech- oder Kupferblechspatel wird dabei so gehalten, daß seine Ebene parallel zur Röhrenachse liegt; das Glas soll nur mit den beiden nach der Spitze zusammenlaufenden Kanten in Berührung kommen. Die Aufweiter Fig. 8 und Fig. 9 müssen axial gehalten werden. Ein gleichmäßiges Erhitzen aller Seiten des umzubiegenden Randes ist sehr wesentlich; doch achte man darauf, daß nur der Rand selbst weich wird und nicht zu viel von der Röhre; auch soll das Glas namentlich bei dünnen Röhren nicht gar zu sehr erweicht werden. Man kann nicht mit einem Male den Rand völlig

umlegen; man muß daher immer wieder von Zeit zu Zeit erhitzen und den Prozeß wiederholen.

Ränder, wie man sie an Probierröhren sieht, werden dadurch hergestellt, daß man den erweichten Rand der Röhre gegen einen abgerundeten Eisenstab drückt. Der Stab greift dabei unter dem Rand unter einem kleinen Winkel in die Röhre hinein; indem man den Eisenstab oder die Röhre unter sanftem Andrücken herumdreht, wird der Rand umgelegt.

Nach dem Umlegen erwärmt man noch einmal, damit keine Spannungen zurückbleiben, und der Rand beim Erkalten nicht ausbröckelt.

Übung: Aufkitten von Glasfenstern auf Röhren. — Bei vielen Vakuumarbeiten ist es erwünscht in das Innere von Röhren nicht durch deren die Bilder verzerrende Wände, sondern durch eine Spiegelglasplatte hindurch beobachten zu können. Man rändert die Röhre, legt den Rand um, drückt denselben auf einer ebenen Eisenplatte flach, geht noch einmal in eine breite, milde Flamme zurück, um alle Spannungen auszugleichen und mildert allmählich deren Temperatur. Dann läßt man nach genügender Abkühlung auf dem horizontal gehaltenen Rande Siegellack gleichmäßig ausfließen und drückt den Rand auf die etwas angewärmte, auf einem Stück Asbestpappe horizontal auf dem Tische liegende Glasplatte auf; wenn der Siegellack gut geflossen ist, hält der Verschluß gasdicht.

In dieser Weise fertigt man sich auch beiderseitig mit Fenstern, an einer Stelle mit einer Öffnung versehene Röhren, die mit Flüssigkeiten gefüllt etwa zur Untersuchung ihrer Absorptionsspektra, zu Fluoreszenzuntersuchungen u. dergl. dienen können.

3. Schließen eines Endes einer engen Röhre. — Erhitzt man das Ende einer engen Röhre unter konstantem Drehen stark, so gehen die Ränder zusammen und schließen endlich die Röhre kuppenförmig ab. Ein solches Zusammenschmelzen mit einer Verdickung ist aber nur bei verhältnismäßig engen oder dünnwandigen Röhren zu empfehlen, weil bei weiteren Röhren die zu große angesammelte Glasmasse beim Erkalten meist abspringt und nur bei sehr sorgfältigem Kühlen zu erhalten ist. Wie man weitere Röhren mit einem der Rohrwand an Dicke gleichen halbkugelförmigen Abschluß versieht vergl. weiter unten.

Soll der Abschluß flach werden, so setzt man den erweichten Boden leicht auf eine horizontale Eisenplatte auf und kühlt in der russenden Flamme. Sind die Rohrstücke

sehr kurz, so umwickelt man ein Ende mit etwas Asbestpappe um sie bequem fassen und halten zu können.

Übung: Herstellung von Verschlußkappen. — Solche einseitig geschlossene kurze Röhrenstückchen, bei denen der Rand des anderen Endes nachträglich zu runden ist, kann man im Laboratorium vielfach gebrauchen z. B. als Staubkappen zum Aufsetzen auf oben offene vertikale Röhren, zum Verschließen von Gummischläuchen, oder mit einem kurzen Stück Gummischlauch versehen als Verschlußkappen für Glasröhren; man fertige sich daher zur Übung einen größeren Vorrat solcher Kappen von kleineren zu größeren Durchmessern fortschreitend in verschiedenen Wandstärken an.

Übung: Herstellung kleiner Glaseimerchen. — Bei verschiedenen physikalisch-chemischen Methoden, z. B. den Molekulargewichtsbestimmungen nach der V. Meyerschen Dampfdichtemethode oder der Raoultschen Gefrierpunkts- oder Siedepunktsmethode benutzt man zum Abwägen der Substanz mit Vorteil kleine Glaseimerchen, die man wie folgt herstellt: Ein nicht zu enges, sehr dünnwandiges Glasrohr (am besten 5—6 mm Durchmesser bei 0,2—0,3 mm Wandstärke) schneidet man in 4—5 cm lange Stücke. Jedes Stück erhitzt man an einer steifen, sehr heißen Stichflamme ganz am Rande des einen Endes, so daß dieser zusammenfällt und das Ende sich schließlich ganz schließt, wobei man durch fortwährendes Drehen dafür sorgt, daß ein halbkugelförmiger, möglichst dünnwandiger Abschluß entsteht. Sowie die Öffnung sich eben geschlossen hat, bläst man kurz und kräftig in das offene Ende des Röhrchens. Durch Ritzen und Berühren mit dem heißen Glastropfen sprengt man ein Eimerchen von gewünschter Länge ab.

4. Aufblasen einer Kugel am Ende einer Biege- oder Kapillarröhre. — Man erhitzt das Röhrenende, bis es sich schließt, bläst dann etwas auf, erhitzt wieder, so daß sich eine größere Menge erweichten Glases am Ende sammelt, bläst auf und fährt so unter beständigem Drehen fort, bis man eine Kugel von der gewünschten Größe erhalten hat. Wir begegnen hier zum ersten Male der beim Glasblasen so sehr wichtigen Vereinigung der Arbeit der Hände und des Mundes und machen daher schon hier die namentlich für die folgenden Übungen beachtenswerten allgemeinen Bemerkungen:

a) Die gestaltenden Kräfte beim Glasblasen sind einmal die Kohäsionskräfte des erweichten, halbflüssigen Glases, welche als „Oberflächenspannung" eine Verkleinerung der freien Oberfläche des Glases anstreben. Erwärmt man daher eine an dem Ende eines Rohres aufgeblasene Kugel bis zum Weichwerden, so zieht sich dieselbe wie eine Seifenblase zusammen. Dieser

Wirkung der Oberflächenspannung wirkt nun der Glasbläser durch den Druck der Luft im Innern des Apparates beim Hineinblasen so weit entgegen, als es seinem Zwecke entspricht; wir „blasen“ im genannten Beispiele die Kugel „auf“. Dazu gesellen sich aber drittens die Schwerkräfte der erweichten Glasmassen. Um unter ihrer Wirkung Formen zu erhalten, welche symmetrisch zur Achse des Rohres sind, ist es nötig, das in Arbeit befindliche Stück fortwährend gleichmäßig herumzudrehen. Ist durch Versehen eine Unsymmetrie aufgetreten, so läßt sich ein Hängen nach der einen Seite leicht unter Benutzung der Schwere durch Drehen nach der anderen Seite korrigieren.

b) Es ist unzweckmäßig, Glas zu blasen, während es noch in der Flamme ist (außer in gewissen speziellen Fällen, welche weiter unten besprochen werden sollen); man gibt dann meist zu viel Luftdruck und bläst das Glas zu einer unförmigen Gestalt auf. Daher geht man immer aus der Flamme heraus, ehe man bläst.

c) Wenn man irgend einen Glasteil aufbläst, so bläst man zuerst langsam und steigert den Luftdruck in dem Maße, als das Glas fester wird und nachläßt, dem Drucke der Luft nachzugeben. Es ist besser, die Luft in einer Reihe kurzer Stöße einzublasen, als in einem kontinuierlichen Luftstrome.

Übung: Anfertigen von Präparatgläschen. — Man schneidet von einer ca. 8 mm weiten, nicht zu dünnwandigen Biegeröhre 10—12 cm lange Stücke ab, bläst unten Kugeln von $1^1/_2$—2 cm Durchmesser an und rundet die oberen Ränder. Die in die Kugeln eingeführten Präparate sind hier insofern besser als in einer gewöhnlichen Flasche aufbewahrt, als die überall gleich dicke Glaswand der Kugel ein allseitiges Betrachten gestattet.

Übung: Aufblasen von Thermometerkugeln. — Man schließt eine dickwandige Kapillare (Vorsicht beim Anwärmen!) an einem Ende und bläst sie stufenweise zu einer ca. 1 cm weiten Kugel auf. Um in die Kapillare nicht durch den Atem Feuchtigkeit hineinzubringen, die sich schwer würde entfernen lassen, bläst man die Röhre mittels eines Gummigebläses auf, wie man es bei Zerstäubern verwendet. Durch mäßiges Drücken kann man genügend viel Luft in die Röhre treiben.

Übung: Anfertigen kleiner Kugeltrichter. — An ein kurzes Stück einer Biegeröhre bläst man eine Kugel an. Dann erwärmt man die oberste Kalotte der Kugel aufs Neue. Diese fällt ein; dreht man gut und

hält die Kugel nur an den äußersten Saum der Flamme, so läuft der Rand des eingefallenen Teiles genau parallel dem Äquator. Dann bläst man kräftig auf. Es bildet sich eine große, sehr dünne Glasblase, welche in den Newtonschen Interferenzfarben (dünner Blättchen) schillert. Man streicht die aufgeblasene Glashülle mit einem reinen Stück Glasrohr oder dem Glasmesser ab, so daß nur ein schmaler Rand stehen bleibt. Diesen schmilzt man endlich unter beständigem Drehen an einer ganz leichten Flamme zu einem gleichmäßigen Wulst zusammen, den man noch etwas auftreibt und umlegt.

5. Das Öffnen von Röhren. — Man braucht oft eine Öffnung am Ende oder an der Seite einer Röhre. Will man eine kleine Öffnung am Ende *a* der geschlossenen, nicht zu engen Röhre *A* (Fig. 14), etwa einer Probierröhre, haben, so

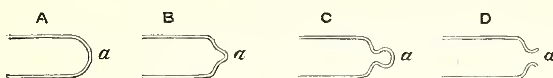


Fig. 14.

richtet man nach Vorwärmen des Röhrenendes eine feine Stichflamme gegen die Stelle *a* und erwärmt hier soviel Glas, als der gewünschten Größe der Öffnung entspricht, bis zum Weichwerden. Dann bläst man in die Röhre und wölbt das erweichte Glas zu der Form *a* in *B* auf. Nun wird *a* abermals erhitzt und zu der kleinen Kugel *a* in *C* vorsichtig aufgeblasen; man bricht die Kugel entzwei und glättet den scharfen Rand der entstandenen Öffnung dadurch, daß man das Röhrenende in der Flamme dreht, bis die Mündung die Form *D* angenommen hat. Anstatt die Kugel in *C* aufzubrechen, kann man sie auch öffnen, indem man ihre vorderste Seite *a* an die Stichflamme hält und dann kräftig aufbläst; dadurch wird das Glas dieser Hälfte sehr dünn und platzt von selbst auf; das dünne Glas kann leicht entfernt werden, ohne daß man ein Zerbrechen der stärkeren Teile zu befürchten hat. Damit die Ränder von *a* hinlänglich stark werden, ist es notwendig, daß die Glasstärke des Bodens von *A* eine nicht zu geringe ist.

In ähnlicher Weise macht man Öffnungen an der Seite von Röhren oder in Kugeln, überhaupt an fast allen Stellen von Apparaten. Dabei ist stets darauf zu achten, daß nur ein möglichst geringer, dem gewünschten Zwecke eben ent-

sprechender Teil der Oberfläche weich wird, weil sonst eine größere kugelförmige Auftreibung und dann unvermeidlich eine zu große Öffnung geschaffen wird. Daher ist es geratener, anstatt die Stichflamme direkt gegen die Glasfläche zu richten, das Glas von der Seite her fast streifend an eine scharfbegrenzte Stichflamme heranzuführen und auf diese Weise nur eine sehr kleine Stelle bis zum Schmelzen zu erhitzen, was bei größerer Krümmung der Oberfläche immer möglich ist. Zunächst kann man auch durch Auftupfen des einen Endes eines Glasrohres oder dünnen Glasstabes auf die erhitzte Stelle, an der es festklebt, die Glaswand etwas nach außen ziehen, dann durch Erhitzen den Glasstab wieder abschmelzen und nun erst aufblasen. Durch kurzes Blasen in Momenten, wo man den Gegenstand eben vom Feuer genommen, Wiedererhitzen der aufgetriebenen kleinen Kuppe und Wiederholen dieser Manipulation kann man Öffnungen von beliebiger Kleinheit erhalten. Soll eine Röhre an der Öffnung angesetzt werden (s. w. u.), so geschieht dies am besten, noch ehe das Glas wieder kalt geworden ist.

Übung: Anblasen eines kurzen Tubulus an ein weites Gefäß. — Man erhitzt das Ende eines dicken, massiven Glasstabes (den man frisch abgeschnitten hat) bis zur Weißglut, während man gleichzeitig das Gefäß, auf welches man den Tubulus aufsetzen will, in den vordersten Teilen der Flamme ein wenig anwärmt. Nun stellt man eine feine Stichflamme ein, erhitzt einen Punkt des Gefäßes, welches den Tubulus erhalten soll, und setzt das heiße Ende des Glasstabes auf diesen auf. Dieses haftet sofort, man geht aus der Flamme und bläst kräftig in den geschlossenen Raum, so daß man die Glaswand aus- und in das weiche Glas des Stabes hineintreibt. Ist der Stab sehr heiß gewesen und bläst man kräftig, so bildet sich eine tiefe kegelförmige, fast röhrenartige Vertiefung. Man schneidet, noch während alles heiß ist, den Stab dort, wo er ausgehöhlt ist, ab, erhitzt den stehengebliebenen kräftigen Rand, indem man die Flamme direkt gegen die entstandene Öffnung richtet, und weitet mit einem in Holzgriff gefaßten Eisenstäbchen aus und legt den Rand eventuell noch etwas um.

Dritte Übungsstufe.

Einfache Arbeiten mit beiden Händen.

Wir kommen nun zu Übungen, bei denen beide Hände gemeinschaftlich beschäftigt sind und beide das zu bearbeitende Glasrohr gleichmäßig in der Flamme drehen müssen. Dabei kann die eine die andere von dem Momente an nicht mehr unterstützen, in dem der dazwischen liegende Teil anfängt weich zu werden; von diesem Augenblicke an muß jede Hand ganz selbständig arbeiten und doch in vollster Übereinstimmung mit der anderen, und hier beginnen in der Regel die Schwierigkeiten für den Anfänger.

Bei den zunächst folgenden Übungen 1—3, welche als geeignete Vorübungen anzusehen sind, probiere der Übende die für ihn passendste Handstellung aus und gehe erst dann weiter, wenn er sich die nötige Sicherheit angeeignet hat; alles Folgende wird ihm dann leicht fallen.

1. Zusammenfallenlassen von Röhren. — Es handelt sich zunächst darum, überhaupt ein Stück Glasrohr an einer bestimmten Stelle ringsum gleichmäßig zu erwärmen und trotz der weich gewordenen Stelle völlig gleichförmig in der Flamme weiter zu drehen. Dabei zieht sich die Röhre an der erweichten Stelle zusammen. Dies wird oft beabsichtigt; man will in einer Röhre eine Verengerung herstellen oder sie ganz schließen. Wir führen diese Verengerungen ohne Ziehen und Drücken als nützliche Übung möglichst oft aus und zwar erst mit engen, dann mit immer weiteren, nicht zu kurzen Röhren. Wir müssen unter der Wirkung der Kohäsionskräfte des erweichten Glases Formen, wie sie Fig. 16 A zeigt, erhalten. Bei längerem Erhitzen sammelt sich mehr Glas und schließt die Rohrbohrung endlich ganz. Vor allem soll hierbei kein Überdrehen in dem erweichten Teile stattfinden. Man erwärme das Glas nicht mehr als unbedingt nötig ist und gehe lieber öfter aus der Flamme wieder heraus.

Wer dieses mit weiten und unhandlichen Blaseröhren ausführen kann, hat einen wichtigen Schritt vorwärts getan.

Übung: Zuspitzen eines Rohres. — Man erwärmt gleichförmig unter beständigem Drehen, läßt das Glas etwas zusammenfallen und zieht

vorsichtig etwas auseinander; dann schneidet man die Verjüngung des Rohres ab und rundet die Ränder der erhaltenen Spitze.

Übung: Herstellung eines Zerstäubers. — Von zwei nicht zu engen 4—6 mm weiten Glasröhren zieht man die eine, die Saugröhre, zu einer etwas feineren, die andere, die Blaseröhre, zu einer weniger feinen Spitze aus. Beide Röhren befestigt man senkrecht zueinander in einem Kork oder durch Zwischenschmelzen eines kurzen Stückes eines Glasstabes, den man geeignet biegt; die Spitze der Saugröhre soll vor der Mitte der zugespitzten Öffnung der Blaseröhre stehen. Bläst man in diese hinein, so wird eine Lösung, in die man das untere Ende der Saugröhre taucht, emporgezogen und in einem feinen Staubregen zerstäubt.

2. Ausziehen von Röhren. — Um eine Verjüngung einer Röhre herzustellen, oder um aus einer weiten eine engere Röhre zu machen, zieht man sie aus. Man erwärmt wie in 1. ein Stück gleichmäßig, läßt den erweichten Teil sich verdicken durch Ansammeln geschmolzenen Glases, geht dann aus der Flamme heraus und zieht (nun erst) unter stetem Umdrehen beider Enden (!) so weit aus, als es der Zweck erfordert. Man dreht bis alles erkaltet ist. Hat man wenig gezogen, so erhält man eine Form wie Fig. 16 *C*; bei stärkerem Ziehen erhält man einen dünnwandigen, sehr engen Rohrteil. Will man die Röhre zu einer Spitze ausziehen, so schneidet man bei *C* ab; dies geschieht am besten unmittelbar nach dem Ausziehen. Man macht mit dem Glasmesser auf dem noch heißen ausgezogenen Stück einen feinen Ritz, faßt beide Enden, biegt sie sanft von dem Ritze ab, bläst auf den Ritz und klopft event. noch mit dem dem Ritz gegenüberliegenden Teile vorsichtig an die Tischkante. Dann springt der ausgezogene Teil glatt ab. Hierauf rundet man noch die Bruchränder.

Diese Übung kehrt fast bei allen Glasblasearbeiten wieder. Bevor man eine Glasröhre für irgend eine Arbeit benutzen kann, bei der man hineinbläst, verengt man ein Ende derselben, daß es leicht zwischen den Lippen gehalten werden kann; stets müssen die Ränder gerundet werden.

Übung: Herstellung von Übergangskonussen für Schlauchverbindungen. — Oft sind beim Aneinandersetzen verschiedener Glasapparate weite und enge Rohre miteinander gasdicht zu verbinden. Man schaltet dann Glasrohrstücke dazwischen, die an einem Ende weit sind und sich nach dem anderen Ende hin konisch verjüngen; man kann dann Glas gegen Glas setzen und durch Überschieben von kurzen

Stücken Gummischlauches von geeigneter Weite gute Verbindungen herstellen, die gasdicht halten, wenn man die Enden des (guten, weichen) Gummischlauches mit Wachskolophoniumkitt verstreicht.

Übung: Zuschmelzen von Verbrennungsröhren. — Die Verbrennungs- und Einschmelzröhren sind aus schwer schmelzbarem Kaliglas (böhmischem Glase) gefertigt. Man zieht sie in ganz derselben Weise an einem Ende aus, wie dies soeben für leicht schmelzbares Natronglas beschrieben worden ist, nur erfordert die Übung in der gewöhnlichen Gebläselampe mehr Zeit, Geduld und Ruhe. Die Behandlung von hartem, schwer schmelzbarem Glase in der Flamme wird sehr erleichtert, wenn man statt der Luft Sauerstoff in das Gas einbläst. Eine gut ausgezogene Röhre hat nach dem Abschneiden die Gestalt Fig. 15.

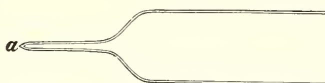


Fig. 15.

Um einen sicheren Abschluß der Röhre beim Zuschmelzen an dem Ende *a* des verengten Teiles zu erzielen, wärmt man die ganze Röhre etwas an, wenn sie an sich noch nicht warm sein sollte, und läßt sie, während man zuschmilzt, erkalten. Die Luft im Inneren zieht sich zusammen, es entsteht ein Unterdruck, und der Überdruck der äußeren Atmosphäre legt das Ende *a* zu einem völlig massiven Stück zusammen, wenn es in der Stichflamme während der ganzen Zeit erhitzt wird.

Wenn man ein Gas, welches sich infolge chemischer Wechselwirkungen in einem solchen Rohre im Ofen bildet, nach beendigtem Prozesse auffangen will, so macht man das zusammengezogene Ende etwas länger und biegt es in der Weise eines Gasentbindungsrohres um. Man kann dann die Spitze unter einem mit einer geeigneten Flüssigkeit gefüllten Zylinder in der pneumatischen Wanne abbrechen.

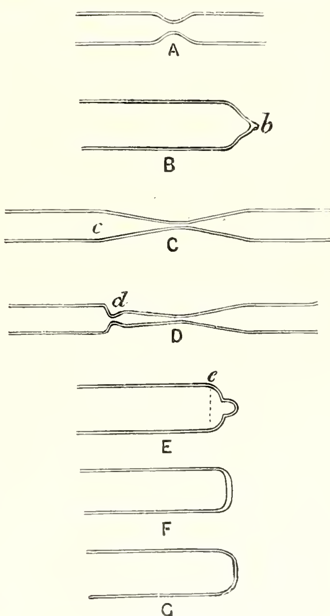


Fig. 16.

3. Schliessen von weiten Röhren an einem Ende. — Um eine weite Glasröhre an einem Ende zu schließen (Fig. 16), macht man die Flamme so groß, daß eine Zone von der Röhre heiß wird, die ungefähr ebenso breit wie der Durchmesser der Röhre ist (s. *A*, Fig. 16). Wenn das Glas anfängt dick zu werden, zieht man die beiden Enden vorsichtig auseinander

(unter konstantem Drehen), aber nicht so stark, daß das weiche Glas lang ausgezogen wird, sondern nur so viel, daß es, wie es Fig. *A* veranschaulicht, zusammenfällt, ohne daß die Wandstärke größer wird. Hat man eine völlig gleichförmige Abschnürung der Röhre bei *A* herbeigeführt, so erhitzt man mit einer Stichflamme den innersten, engsten Teil, bis er zusammenfließt, zieht dann rasch auseinander und schmilzt den ausgezogenen Glasfaden kurz ab. Das auf diese Weise geschlossene Ende soll dann eine Form wie bei *B* besitzen. War die Einschnürung (*A*) nicht eng, oder beim Abziehen das Glas noch nicht heiß genug, so erreicht man keinen so kurzen Abschluß wie bei *B*, sondern das Glas wird in die Länge gezogen, etwa wie bei *C*, wobei es an Dicke sehr verliert. In diesem Falle richtet man die Stichflamme gegen *c* und wiederholt die eben ausgeführte Operation: man läßt die Röhre wie bei *d* Fig. *D* zusammengehen, wobei man darauf achtet, daß die Glasdicke weder wächst noch abnimmt, und schließt die Röhre allmählich vollständig ab; im Momente, wo dies geschieht, zieht man (die Stelle *d* immer noch in die Flamme haltend) das überflüssige Glas rechts von *d* ab.

Der Röhrenabschluß ist noch nicht vollendet, denn eine beträchtliche Masse von Glas hängt noch tropfenförmig am Ende der Röhre; diese muss zunächst etwas vermindert werden. Zu diesem Zwecke erhitzt man den Glasknoten *b* bis zur Rotglut und berührt ihn mit dem etwas zugespitzten Ende eines kalten Glasröhrchens; an diesem haftet das weiche Glas an, man zieht ab und entfernt es dadurch zum größten Teile; nur ein kleines Glasknötchen darf übrig bleiben. Bei diesem Abziehen wird nur der zu entfernende Glastropfen selbst erhitzt, dagegen seine Umgebung so wenig wie möglich, weil er sonst auf deren Kosten immer wieder wächst. Den Glasfaden schmilzt man ab.*)

Hat das Röhrenende dadurch eine Gestalt wie bei *B* erhalten und ist *b* klein, so verteilt man den letzten Rest der

*) Man soll das Entstehen zu langer dünner Glasfäden möglichst vermeiden. Ist ihre Bildung, wie hier, unvermeidlich, so muß man sie sofort in den Abfallkasten werfen, da sie sonst abbrechen und der Arbeitende sie sich leicht in die Finger stechen kann, was zu sehr unangenehmen Verwundungen Anlaß gibt.

kleinen Glasanhäufung an der Spitze auf das ganze Ende, und zwar dadurch, daß man *b* und seine nächste Umgebung bis zum Weichwerden erhitzt und langsam (!) aufbläst. Man erhält dadurch die Form *E*. Nun wird das ganze Ende von der punktierten Linie *e* an mit etwas größerer (aber — namentlich bei dünnen Röhren — nicht zu scharfer) Flamme unter unausgesetztem Drehen möglichst gleichförmig erhitzt. Selbst wenn dieses Erhitzen geschickt gemacht wird, fällt das Glas ein und läuft zusammen (Fig. *F*); dann muß das Ende vorsichtig in die Form *G* geblasen werden. Dadurch erhält man einen halbkugelförmigen Abschluß, bei dem die Glasdicke dieselbe wie die der Röhre ist, wie bei dem gewöhnlichen Probierrohr.

Wird ein flaches Ende gewünscht, so läßt man die Röhre wie bei *F*; soll der Boden dünn sein, so bläst man erst auf und ebnet den Boden durch Aufdrücken auf eine Eisenplatte; hier wie in allen Fällen, wo heißes Glas mit kalten Körpern in Berührung gekommen ist, muß man nach der Berührung noch einmal etwas anwärmen.

Wird ein konkaves Ende gewünscht, so braucht man nur die Luft vorsichtig aus der Röhre herauszusaugen, bevor das eingefallene Ende fest wird.

Wenn man eine Röhre an einem Ende auszieht oder schließt, so kann man dadurch Material ersparen, daß man an die Glasröhre *A* (Fig. 17) eine Hilfsröhre *E* von etwa gleicher Weite ansetzt; man erhitzt beide und heftet sie einfach durch gelindes Andrücken bei *DD* zusammen. *E* dient hierbei nur als Handhabe bei den Operationen, die nun weiterhin an *A* vorzunehmen sind. Eine derartige, nicht verblasene Verbindung verträgt keine große Abkühlung. *E* und *A* fallen daher leicht wieder auseinander. Man richtet deshalb die Flamme auf eine Stelle *B* der Röhre *A*, die so nahe an der Stelle *D* liegt, daß diese immer mit hinreichend warm bleibt. Der weitere Verlauf der Operation ist ganz der obige. In gleicher Weise kann man an das Ende einer weiten Röhre eine enge oder einen Glasstab als Handhabe befestigen; man

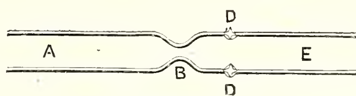


Fig. 17.

macht den Rand der weiten Röhre heiß und biegt denselben mit der engen Röhre von zwei entgegengesetzten Seiten her ein, indem man erst die Handhabe an einer Stelle des Randes anheftet, von hier auf die andere Seite und dann in die Mitte zurückzieht; durch Drehen und sanftes Ziehen erreicht man es, daß das angeheftete Führungsstück genau achsial zur weiten Röhre liegt.

Übung: Anfertigen von Reagenzgläsern. — Man schneidet aus Blaseröhren von geeigneter Weite Stücke von etwas mehr als der doppelten Länge der gewünschten Reagenzröhren, verengt sie in der Mitte, Fig. 16, *A*, und schmilzt sie ab, rundet die Enden und legt den Rand um, eventuell unter Benutzung des S. 36, erwähnten abgerundeten Eisenstabes. Wir stellen Probierröhren von verschiedener Länge und Weite zur Übung her; zum Gebrauch werden sie so billig in den Handel gebracht, daß sich ihre Selbstherstellung nicht lohnen würde.



Fig. 18.

Übung: Anfertigen von Auffangegläschen für Gase. — Ein kurzes, nicht zu dünnwandiges, weites Glasrohr wird an einem Ende halbkugelig geschlossen; am anderen Ende läßt man es etwas zusammenfallen, schneidet es hier ab und verdickt und rundet die Ränder. Füllt man das Gläschen mit Quecksilber, so kann man es mit dem Finger bequem abschließen, in eine pneumatische, ebenfalls mit Quecksilber gefüllte Wanne einsetzen und mit einem Gase füllen.

Übung: Herstellen von Manometern und Heberbarometern; Auskochen von Röhren. — Man schmilzt das eine Ende der Glasröhre *A* (Fig. 19) zu, füllt zunächst bis *b* mit Quecksilber und erhitzt dasselbe kräftig. Dann verengt man zwischen *a* und *b* und biegt gleichzeitig das Rohr um.



Fig. 19.

Hierauf erwärmt man das Hg, bis es nach *a* vordringt und füllt nun erst ausgekochtes Hg in den offenen Schenkel *B* auf. Bei Manometern zur Messung niederer Drucke kann *A* kurz sein; bei Heberbarometern muß *A* über 80 cm lang sein. Man befestigt das Rohr mit den beiden Schenkeln *A* und *B* aufrecht stehend an einem Stativ (Brett).

4. Verengen oder Verschließen der inneren Bohrung. — Dieses soll jetzt im Gegensatze zu 1) herbeigeführt werden, ohne daß der äußere Durchmesser des Rohres sich ändert, wie in Fig. 20. Man erhitzt die Röhre, wenn sie klein ist, mit einer Stichflamme, wenn sie groß ist, mit der Besenflamme

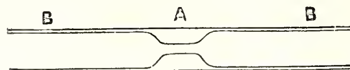


Fig. 20.

an der Stelle *A*, bis das Glas weich wird und die Seiten das Bestreben zeigen zusammenzufallen. Wenn dieses eintritt, schiebt man die beiden Enden *B* sanft gegen *A* hin, so daß keine Verkürzung des äußeren Durchmessers an der Stelle *A* eintritt. Wird die Glaswand bei *A* zu dick und dadurch der innere Raum zu eng, so geht man aus der Flamme heraus und zieht die Teile *B* wieder etwas auseinander. Ist das Kaliber bei *A* zu klein geworden, so zieht man das eine Ende der Röhre aus, schließt das andere mit einem Gummistopfen und bläst sanft den vorher gut erhitzten Teil wieder etwas auf. Dabei muß die Röhre immer gedreht werden, sonst wird die Erweiterung nicht regelmäßig.

Soll der äußere Durchmesser an einer Stelle größer werden, an der man den inneren vermindert, so drückt man die Enden zusammen und reguliert dabei die Weite des Kalibers geeignet durch Einblasen jedesmal, wenn Gefahr vorhanden ist, daß sie sich durch das Zusammenschieben zu sehr vermindert.

5. Aufblasen von Kolben oder Glaskugeln. — Hierbei ist zunächst darauf zu sehen, daß die zur Verwendung kommenden Glasröhren gleichförmig im Glase sind, d. h. keine Knoten, Blasen oder Striemen zeigen. Die Größe und Dicke der zu verwendenden Röhre hängt teils von den Dimensionen des Kolbens ab, den man zu erhalten wünscht, teils von der Stärke des Halses, den der Kolben erhalten soll. Es ist natürlich leichter, große Kugeln aus weiten Röhren aufzublasen, als aus engen. Will man große Kugeln an engen und dünnen Röhren aufblasen, so muß man sich sehr in acht nehmen, dabei den Teil der Röhre nicht allzu heiß zu machen, welcher an die geschmolzenen Teile grenzt. Will man an eine enge Röhre eine große Kugel blasen, so ist es daher das Beste, eine weite Röhre an die enge, die als Hals dienen soll, vorher anzuschmelzen (s. w. u.).

a) Aufblasen einer Kugel in der Mitte einer Röhre.

α) Kleinere Kugeln. — Dies ist bei gewöhnlichen Biegeröhren nicht schwer. Man verschließt ein Ende mit einem Stopfen und sammelt an der Stelle, wo die Kugel entstehen soll, Glas in genügender Menge durch vorsichtiges Zusammenschieben bei fortwährendem Drehen. Dann bläst man

durch eine rasche Folge kurzer Luftstöße bis zu den gewünschten Dimensionen auf. Die Röhre wird dabei horizontal gehalten und immer gleichmäßig gedreht. Das geringste Ziehen oder Drücken deformiert die Kugel. Ist diese nach Wunsch geraten, so erwärmt man nochmals die Stellen, wo die Röhren sich ansetzen, um das Ganze, wenn nötig, noch etwas zu richten.

Eine birnenförmige Erweiterung erhält man leicht, wenn man die eine Hälfte einer Kugel, etwa die Zone zwischen den Linien *a*, *a* (Fig. 21) wieder erwärmt und dann etwas auszieht; dies kann an einer Kugel mit etwas dickem Glase ohne Gefahr vorgenommen werden.

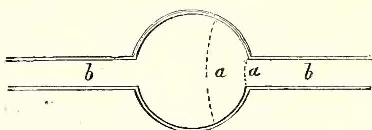


Fig. 21.

β) Größere Kugeln. — Wenn die Röhren *b b* eng sind und doch eine Kugel zwischen ihnen von beträchtlicher Größe gewünscht wird, so zieht man besser ein weiteres Rohr zweimal aus, Fig. 22, darauf achtend, daß die verengten Rohr-

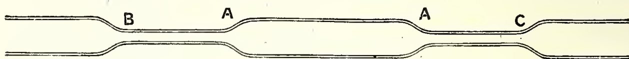


Fig. 22.

teile genau dieselbe Achse wie die weiten haben, sonst kommen ihre Mündungen in die Kugel nicht symmetrisch zu liegen. Man zieht bei *C* ab, schneidet die weitere Röhre bei *B* ab und stellt aus dem Glase zwischen *A* und *A* nach den vorhin gegebenen Regeln eine Kugel her.

γ) Kugelförmige Erweiterungen in Kapillaren. — Bei dem Aufblasen von Kugeln in engen Kapillarrohren verwendet man wieder statt des Mundes das Gummi-Handgebläse (s. S. 38). Doch wird es nur bei einiger Übung gelingen, regelmäßig gestaltete Kugeln auf diese Weise herzustellen, da das Drehen etwas erschwert ist.

b) Aufblasen einer Kugel am Ende einer weiteren Röhre. — Oben wurde das verhältnismäßig leichte Anblasen einer Kugel an einem engen Rohre beschrieben. Hier wollen wir die etwas schwierigere, aber in mehrfacher Hinsicht instruktive Aufgabe besprechen, an eine weite Röhre eine Kugel

von genügender Wandstärke anzublasen. Man wähle sich zu den ersten Übungen ein Stück gutes Glasrohr von etwa 1,5 cm im Durchmesser und 30 cm Länge; an das eine Ende heftet man einen Glasstab oder ein Stück Biegerohr als Handhabe an und zieht mit seiner Hilfe das Röhrenende zu einem engeren, genau achsial stehenden Röhrchen *a* (Fig. 23) aus. Dieses, ebenfalls nur als Handhabe dienende Röhrchen schneidet man 10 bis 12 cm lang ab, schmilzt eventuell die Ränder etwas rund, weil man von hier aus Luft einblasen muß, und schließt das andere Ende *A* durch einen Stopfen, nachdem man hier ebenfalls den Rand etwas geglättet hat. Nun erhitzt man ein kurzes Stück bei *b* mit einer mittelgroßen, brausenden Flamme gehörig, wobei man die Röhre beständig dreht und das fließende Glas etwas zusammenschiebt, um es zu verdicken; man bläst etwas auf, wenn es nötig ist, um die regelmäßige Gestalt des Glases zu erhalten, vermeidet aber, die Glasdicke durch allzu starkes Aufblasen wieder zu reduzieren. Hat man hier eine hinreichend große, nur schwach aufgeblasene Menge von Glas angesammelt, so geht man zu den benachbarten Partien über, wo man wieder eine der ersten gleiche Zone in derselben Weise behandelt, und so fährt man fort, bis man eine genügende Glasmasse beisammen hat, um eine Kugel von gewünschtem Inhalte daraus aufblasen zu können. In diesem Stadium soll die Röhre etwa die Gestalt *B* besitzen (Fig. 23). Nun richtet man die Flamme gegen die engeren Partien *c*, *c* zwischen den kugelförmigen Auftreibungen und bläst auch diese noch etwas heraus, bis alle kleinen Kugeln zu einem Ganzen verschmolzen sind, das so aussehen soll, als ob das eine Ende von *B* einfach zylindrisch aufgetrieben worden wäre (allerdings mit erheblich verstärkter Wanddicke). Das Glas muß auf diesem Zylinder so gleichförmig wie nur möglich verteilt sein,

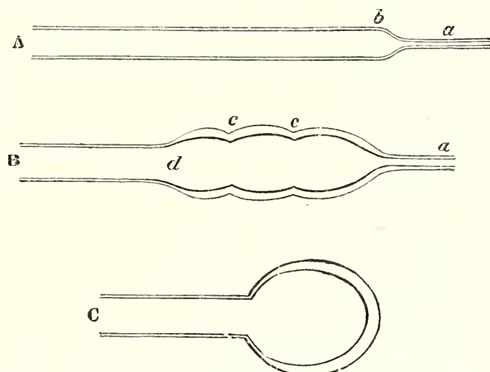


Fig. 23.

und die Länge dieses Teiles, von *d* bis zu der anfangs verengten Stelle, darf nicht größer sein, als die Breite der größten Besenflamme beträgt, welche das Gebläse noch hergibt, damit man die gesamte hier vereinte Glasmasse auf einmal erhitzen kann. Ehe dies geschieht, nimmt man den Stopfen aus dem Ende *A* heraus, steckt auf *B* einen von einem kurzen, engen Glasrohre durchsetzten Stopfen und schmilzt die Spitze *a* ab, schließt also die Röhre auf dieser Seite, während man jetzt von der anderen Seite her hineinblasen kann. Man rundet das soeben geschlossene Ende wie es in 3. dieses Abschnittes beschrieben ist, und richtet nun eine möglichst große Flamme mit vollem Luft- und Gaszutritt gegen das Röhrenende, so daß die ganze Glasmasse, die man hier gesammelt hat, eingehüllt wird. Das Glas läuft allmählich zu einer Form *C* (Fig. 23) zusammen. Das Rohr, welches den Hals bilden soll, darf hierbei bei *d* nicht zu heiß werden, sonst gibt es nach, und die Kugel setzt dann leicht schief an.

Die Lage, in der man die erhitzte Glasmasse halten muß, hängt von der Größe derselben ab; ist sie nicht allzu groß, so darf man die Röhre wie gewöhnlich in horizontaler Lage halten (man muß dann freilich unter Umständen die Umdrehungsbewegung etwas beschleunigen). Ist die Glasmasse dagegen groß, so kann es nötig werden, daß man das Ende *B* nach unten, die Kugel also vertikal nach oben halten muß; durch diese Stellung kann freilich eine Anhäufung des Glases um *d* herum herbeigeführt werden, was zu vermeiden ist. Man hebt dann von Zeit zu Zeit das Ende *B* und läßt die Flamme mehr von unten wirken. Wenn das Glas zusammenfallen will, — was leicht geschieht, wenn man schon zu dünn aufgeblasen hat — so nimmt man es vom Feuer und bläst es vorsichtig wieder in die richtige Gestalt, wobei das Rohr in vertikaler Stellung gedreht wird. Wenn man diesen Prozeß lange fortsetzt, dem Glase Zeit gibt sich zu sammeln, um seine regelmäßige Verteilung zu befördern, so ist es gut, die heißen Glasmassen von Zeit zu Zeit vom Feuer zu nehmen und etwas durch mäßiges Blasen auszudehnen. Hat man schließlich eine ganz regelmäßige Glasanhäufung erzielt, wie sie durch *C* (Fig. 23) dargestellt ist, so geht man aus der Flamme und bläst die Kugel auf. Es mögen dabei einzelne sanfte Luft-

stöße, die sich rasch folgen und in dem Maße kräftiger werden, als das Glas sich abkühlt, angewendet werden, damit das Werden des Kolbens genauer überwacht und zur rechten Zeit unterbrochen werden kann. Während des Blasens wird fortwährend umgedreht, die Lippen verlassen das Rohr nicht während der wenigen Momente, die für diese Schlußmanipulation zur Verfügung stehen; denn ist der Kolben schief oder einseitig geworden, so ist er in der Regel nicht mehr zu verbessern; wieder in die Flamme gebracht, fällt er meist unregelmäßig zusammen.

Wenn man die Röhre, während die Kugel aufgeblasen wird, horizontal hält, so ist die erhaltene Form meistens am vollkommensten; hält man sie vertikal mit der leicht flüssigen Glasmasse nach unten, so wird die Form des Kolbens meist eine etwas verlängerte; liegt die Glasmasse oben, so kann der entstehende Kolben etwas einfallen. Zeigt sich, daß der Kolben nicht ganz regelmäßig wird, so kann man, wenn man bei Zeiten einhält, und das Glas noch nicht allzuweit ausgeblasen ist, nochmals erwärmen und wieder aufblasen. Dabei muß die Erwärmung zuerst sehr vorsichtig geschehen, damit das Glas nicht, wie es bei plötzlichem Hineinbringen in die Flamme oft geschieht, zu einer formlosen Masse zusammenfällt. In allen diesen Fällen verhütet man dieses durch häufiges Zurechtblasen während man das Glas wieder sammelt.

Übung: Anfertigen von größeren Kugeltrichtern. — Schon oben wurde das Anfertigen kleiner Kugeltrichter beschrieben, dasjenige größerer erfordert die letztbeschriebenen Manipulationen. Man schließt das eine, linke Ende einer mittelstarken, nicht zu weiten Glasröhre *E* Fig. 24, 1 durch einen Stopfen, zieht das andere, rechte bei *A* aus, erhitzt in einer großen Flamme ein Stück der Röhre, läßt möglichst viel Glas zusammenlaufen und bläst zu einer Kugel *B* auf. Dann setzt man in das linke Ende einen mit einem Glasröhrchen versehenen Stopfen ein und zieht auf der anderen Seite der Kugel bei *A* ab.

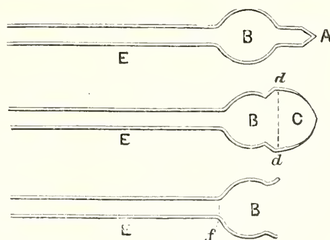


Fig. 24.

Nun erhitzt man das ganze Ende *A* und einen kleinen Teil von *B* und bläst, indem man die Röhre horizontal hält, unter fortwährendem Drehen das Ende wie bei *C* in Fig. 24, 2 auf. Darauf erhitzt man *C* ganz allmählich bis das Glas weich wird und bis zur punktierten Linie *dd*

zusammenfällt; man bläst hierauf rasch auf, so daß das Glas zerplatzt. Die dünnen Glashäutchen stößt man von dem Rande des Trichters, welcher die Form *B* in Fig. 24, 3 haben soll, mit dem Glasmesser ab, und rundet den Rand in gewöhnlicher Weise.

6. Erweitern von Röhren in der Mitte. — An den Enden können Röhren mäßig durch den Holzkohlenkonus oder geeignet geformte Blechspatel erweitert werden, wie dies schon beschrieben ist. An irgend einer anderen Stelle kann man sie einfach dadurch etwas erweitern, daß man sie erwärmt und aufbläst. Soll die Erweiterung einen röhrenförmigen Charakter erhalten, so wird die Übung schwieriger. Man bläst die Röhre an zwei oder drei eng benachbarten Stellen ähnlich wie in Fig. 23 kugelförmig auf, bläst dann die Rinnen zwischen den aneinanderstoßenden Kugeln bis zum Durchmesser der Kugeln selbst auf und verschmilzt schließlich das Ganze unter gelindem Ziehen zu einem zylindrischen Gebilde. Die beste Art indeß, ein weites Rohr mit engeren Fortsätzen (Fig. 25) zu erhalten, besteht darin, daß man an das weite Rohr Stücke von gewünschter Weite ansetzt, vergl. die folgende Nummer. Die Form Fig. 25 kann man natürlich auch durch das schon beschriebene Ausziehen der weiteren Röhre *B* zu den engeren *A*, *A* erhalten.

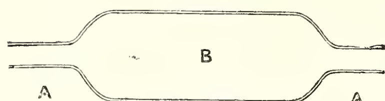


Fig. 25.

7. Konaxiales Aneinanderschmelzen der Röhren. — Wir kommen hier zu einer der wichtigsten Operationen beim Glasblasen. Die größeren und komplizierteren Teile von Glasapparaten werden gewöhnlich erst einzeln geblasen und dann vereinigt.

Will man sichere Verbindungen erhalten, so vermeide man verschiedene Glassorten zu verwenden; ist dies nicht möglich, so schaltet man zwischen die einzelnen Teile kurze Stücke von „Zusammenschmelzglas“ (s. S. 14) ein, wenn das Zusammenschmelzen der Teile direkt miteinander Schwierigkeiten macht. Glas läßt sich nur mit frischen Bruchflächen aneinander schweißen; bei jeder Verbindung, die man herstellen will, schneidet man daher die Röhren frisch ab und bringt eine solche zum Aneinanderschmelzen vorgerichtete Fläche weder mit den Fingern, noch mit dem Tische oder

irgend einem anderen Gegenstande in Berührung. Sollten die Enden zu kurz sein, oder sollte es nicht ratsam erscheinen ein Stück von ihnen abzuschneiden, so stellt man eine frische Fläche in der Weise her, daß man das kurze Ende erst vollständig zuschmilzt und dann plötzlich aufbläst. Die hängenbleibenden Glaslamellen streicht man mit einem Stück reinen Glases ab; mitunter ist freilich bei diesem Verfahren ein völlig gleichmäßiges Verschmelzen der beiden Stücke mit Schwierigkeiten verknüpft.

Die Glasverbindung hält nur, wenn es gelungen ist, die Massen beider Teile zu einem völlig gleichförmigen Glasflusse zu vereinigen, an dem keine Trennungslinie mehr wahrnehmbar ist. Alle Knoten, Narben und Buckel müssen daher durch abwechselndes Aufblasen und Wiederzusammenfallenlassen entfernt werden. Eine gute Verbindung erkennt man an dem völligen Fehlen von Glaswülsten und Einkerbungen.

a) Aneinanderschmelzen zweier Röhren von gleichem Durchmesser.

α) Biegeröhren. Man schneidet sich zunächst Biegeröhren von mittlerer Wandstärke in 20 cm langen Stücken ab und verschmilzt je zwei von ihnen wieder miteinander. Man schließt ein Ende der einen Röhre mit einem Kork und erhitzt das offene Ende derselben, sowie das eine Ende der anderen Röhre in einer kleinen, nicht zu scharfen Flamme unter konstantem Drehen beider Teile, bis das Glas eben weich wird, indem man darauf achtet, daß nur die äußersten Enden, eigentlich nur die Bruchflächen, geschmolzen werden, und das Glas nicht zusammenläuft. Dann nähert man die Enden außerhalb der Flamme, bis sie mit ihren Endflächen aneinanderhaften; dabei ist kein oder nur ein minimaler Druck anzuwenden, durchaus nicht so viel, daß das Glas zu einem Ring sich verdickt; im Gegenteil kann man in dem Momente, wo beide Teile aneinander haften, ein wenig, aber nicht zuviel auseinander ziehen. Sofort, und ohne daß das Glas Zeit hat kalt zu werden, vermindert man den Gaszufluß und erzeugt eine möglichst feine Stichflamme, welche man gegen die Vereinigungsstelle richtet, wobei man die Röhre fortwährend möglichst gleichmäßig dreht, ohne zu ziehen oder zu drücken. Das Glas läuft vollständig zusammen; man nimmt die Röhre

aus der Flamme, führt das offene Ende unter konstantem Umdrehen zum Munde und bläst vorsichtig den inneren Raum bis zum Durchmesser der gesamten Röhre auf; sollte das Rohr an der erhitzten Stelle zu dick geworden sein, so kann man etwas ziehen, und wenn man rasch gearbeitet hat, wenn nötig, noch einmal durch Blasen von Innen her wirken.

β) Blaseröhren. Die einmalige Anwendung der Operation *α* genügt bei nicht zu weiten und nicht zu dünnwandigen Röhren, um die Verbindung wenigstens im Wesentlichen fertig zu stellen; durch abermaliges Erhitzen, Blasen und Ziehen mit größeren Flammen kann geeignet nachgeholfen werden. Bei weiten Röhren, oder wenn die zu vereinigenden Stücke sehr groß sind, so daß ein leichtes Drehen derselben nicht möglich ist, muß man aber wie folgt verfahren: Man richtet die Stichflamme der Reihe nach auf die einzelnen Stellen der Peripherie an der zunächst nur rohen Verbindung der beiden Teile und bläst jede Stelle für sich sanft auf. Dabei sucht man die am weitesten klaffenden Stellen zuerst eventuell durch Neigen der Rohrteile gegeneinander zu schließen. Bei sehr langen Röhren muß ein Gehilfe das Blasen übernehmen, oder man schiebt einen langen Kautschukschlauch über das offene Ende, in den man dann selbst hineinbläst. Eine auf diese Weise successiv ausgeblasene Verbindung wird nie eine ganz regelmäßige Form haben, wenn es nicht möglich ist, schließlich das ganze Rohrstück durch Drehen in der Flamme einmal allseitig gleichmäßig zu erhitzen und dann aufzublasen.

γ) Sehr enge Röhren. Wenn man sehr dünne oder sehr enge Röhren aneinander schmelzen will, so kann man, um das Zusammenfließen des weichen Glases und dadurch ein Abschließen der Röhre zu verhüten, die Enden der Röhren, welche aneinander kommen sollen, wie bei *A* Fig. 26, vorher etwas rändern und erweitern. Manche Glasbläser rändern alle Glasröhren, bevor sie dieselben aneinanderschweißen. Zum Zusammenschmelzen von kleinen, dünnwandigen Röhrchen ist die Benutzung des Bunsenbrenners zu empfehlen.

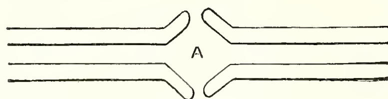


Fig. 26.

δ) Kapillaren. Hat man eine ruhige Hand, so kann man Kapillarröhren sehr bequem in der Weise aneinanderschmelzen, daß man sie mit frischen, ebenen Bruchflächen außerhalb der Flamme genau axial aneinanderhält und so in die Flamme bringt. Dreht man dann, ohne die beiden Teile gegeneinander zu verschieben, die Röhren in der Flamme, so verschmelzen sie ganz glatt, ohne ihr Lumen irgendwie zu ändern.

Ist man nicht so sicher, so weitet man die aneinander zu setzenden Stücke vorher etwas aus. Man schmilzt ein Ende zu, erhitzt eine schmale Zone etwas oberhalb des Endes mit der Stichflamme, und erweitert hier die Seele durch kräftiges Hineinblasen in das Rohr. An der Stelle der größten Erweiterung schneidet man die Röhre auf und benutzt den so aufgetriebenen Rand, der allerdings von seiner Wandstärke etwas eingebüßt hat, zum Anschmelzen.

Durch sanftes Zusammendrücken verdickt man das Rohr wieder. Dabei muß aber der Druck im Innern größer sein als der äußere Atmosphärendruck, damit das weiche Glas an der erhitzten Stelle nicht zusammengeht und die Röhre schließt. Darum verbindet man das offene Ende mit einem Gummigebläse, vergl. o. S. 38, oder einem kleinen Blasebalge.

b) Das Aneinandersetzen zweier Röhren von ungleichem Durchmesser. — Wenn eine engere Röhre an eine nur um Weniges weitere angesetzt werden soll, so weitet man das Ende der engeren so weit auf, bis es dem größeren Durchmesser der anderen entspricht. Oder aber man läßt die weitere Röhre in der Nähe des Endes (eventuell nach Ansetzen eines Stückes einer engeren Röhre als Handhabe) zusammengehen (Fig. 17), indem man eine schmale Zone mit der Stichflamme erhitzt. Man zieht anfangs etwas, läßt dann aber das Glas ohne auszuziehen gleichmäßig zusammenlaufen, so daß eine Abschnürung entsteht, welche an ihrer engsten Stelle einen Durchmesser gleich dem der engeren anzusetzenden Röhre und dieselbe Wandstärke wie diese besitzt. Hier schneidet man ab und schweißt die enge Röhre an. Ist die Verengung des weiten Rohres und das Ansetzen des engeren richtig gemacht, so soll das Ganze etwa die Gestalt *A*, Fig. 27 zeigen; bei *b*, *b* liegt ungefähr die Vereinigungsstelle. Nun

erhitzt man mit einer größeren Flamme die ganze Partie zwischen den punktierten Linien *a*, *a* und bläst sie in die Gestalt *B*; bei *d*, *d* muß der halbkugelförmige Teil der weiteren Röhre fast senkrecht und scharf gegen die engere Röhre abschneiden; das aufgeblasene Ende soll gerade nur den Durchmesser der weiteren Röhre annehmen. Bläst man stärker, so tritt dasselbe kugelförmig über die Röhre hinaus; beabsichtigt man der Röhre *B* hier eine kugelförmige Erweiterung zu geben, so erhitzt man mit einer sehr großen Flamme das ganze Ende von *B* (ohne jedoch die Partie um *d*, *d* herum allzuheiß zu machen), bis das Glas zusammensinkt, sammelt etwas Glas durch sanftes Nachschieben und bläst dann unter konstantem Drehen das zusammengelaufene Glas wieder auf.

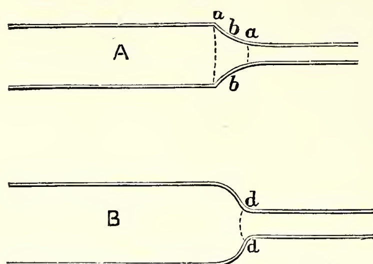


Fig. 27.

Übung: Anfertigen von Gasverbindungsstücken. — Um die unter b) beschriebene wichtige Operation gründlich zu üben, ist es empfehlenswert, sich einen größeren Vorrat von verschieden weiten, aneinandergesetzten Röhren herzustellen, die nach Runden der Enden als Schlauchverbindungen zwischen verschieden weiten Röhren im Laboratorium die mannigfachste Verwendung finden können.

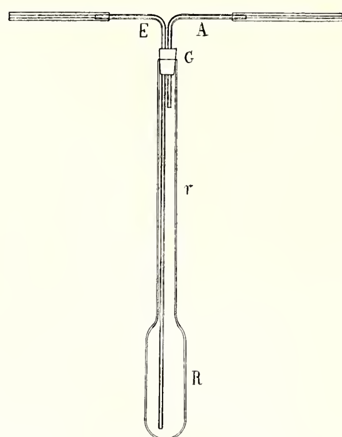


Fig. 28.

Übung: Anfertigung einer Vorrichtung zum Verflüssigen von Gasen und zur Kondensation von radioaktivierenden Emanationen. — Ein kurzes Stück eines weiten Rohres *R* Fig. 28 wird am einen Ende nach S. 43 halbkugelig abgeschlossen; in der Nähe des anderen läßt man es etwas zusammenfallen, schneidet hier ab und setzt ein engeres, längeres Rohr *r* an; dasselbe wird oben durch den Gummistopfen *G* geschlossen, durch den zwei Röhren gesteckt werden, auf die Gummischläuche mit Quetschhähnen geschoben sind: das bis zum Boden von *R* reichende Einlaßrohr *E* und das dicht unter dem Stopfen endende Aussaugrohr *A*. Wird *R* in eine Kältemischung oder in flüssige Luft

eingetaucht, so geht der beim Saugen an *A* durch *E* eintretende Gasstrom in *R* von kleinem in sehr großen Röhrenquerschnitt über, wobei sich seine Geschwindigkeit derart vermindert, daß bei genügend tiefer Temperatur von *R* eine Kondensation eintritt. Wird dann *A* geschlossen, und der Apparat etwas aus dem Kältebade herausgehoben, so daß der Dampfdruck in *R* steigt, so kann das Kondensat durch *E* hindurch abgehebert werden.*)

In gleicher Weise können in *R* die gasförmigen Emanationen der radioaktiven Substanzen durch Ausfrieren in flüssiger Luft angereichert werden, wie der Verf. zuerst bei der Bodenluft-(Radium-)Emanation nachgewiesen hat.

Übung: Herstellung eines Quecksilbertropfglases (nach Heerwagen). — Namentlich bei elektrischen Arbeiten hat man oft Quecksilber in kleine, mitunter nur schwer zugängliche Näpfchen einzugießen. Man verwendet dazu mit Vorteil das Tropfglas Fig. 29, welches man in folgender Weise herstellt. Zu einem ca. $1^1/_2$ cm weiten Reagenzglas *A* sucht man eine Röhre *B* von etwa 25 cm Länge, in welche das Reagenzglas eben hineinpaßt. Man zieht *B* an beiden Enden aus und setzt an einem Ende ein 15 cm langes, nicht zu enges Kapillarenstück *C* an. Man verfährt dabei nach 7, *α*, *δ*, indem man das Lumen der Kapillaren erst etwas erweitert. Dann bläst man nahe dem anderen Ende eine Kugel an und öffnet diese nach 5, b (Übung) zu einem Kugeltrichter *K*. Zuletzt biegt man die Kapillare *C*, wie aus der Figur ersichtlich, um und zieht die Spitze *D* etwas aus. Das Ganze befestigt man auf einem Holzklotze *E*, um ihm eine möglichst große Standfestigkeit zu sichern. Gießt man dann Quecksilber in *B* und setzt das mit einem Stopfen geschlossene Reagenzrohr *A* als Stempel auf, so kann man, *B* zwischen Zeige- und Mittelfinger haltend, durch Drücken auf *A* mit dem Daumen beliebig kleine Mengen Quecksilber aus *D* austreiben.

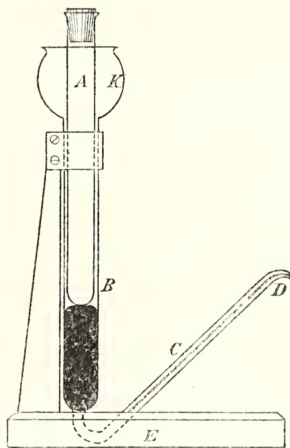


Fig. 29.

8. Seitliches Ansetzen von Röhren. — Bei der vorigen Übung können sehr gefällige Formen beim Zusammenschweißen erhalten werden, wenn man gut dreht. Dies ist schwieriger zu erreichen bei den folgenden Übungen, weil bei diesen ein

*) Hat man auf diese Weise Ozon in flüssiger Luft kondensiert, was sehr leicht geht, so ist zu beachten, daß flüssiges Ozon, wenn es plötzlich verdampft, sehr explosibel ist.

gleichförmiges Drehen unmöglich ist und die einzelnen Stellen nacheinander verblasen werden müssen.

a) Seitliches Ansetzen einer Biegeröhre an eine weite Röhre, eine Glaskugel oder einen Glaskolben. — Man erwärmt ein großes Stück des Glasteiles, welcher den Ansatz erhalten soll, richtet dann eine sehr kleine und heiße Stichflamme direkt gegen die Ansatzstelle und bläst hier nach S. 39 eine kleine Öffnung aus. Die Ränder der Öffnung und ein (frisch abgeschnittenes) Ende der Biegeröhre werden bis zum Schmelzen erhitzt, letzteres unter konstantem Drehen, erstere, indem man die geöffnete Röhre bezw. Kugel ohne Drehen gleichzeitig an die Flamme, und zwar hinter der anzusetzenden Röhre, hält, so daß die Flamme nur eben über die Öffnung hinstreicht. War die weite Röhre oder Kugel nach dem Öffnen wieder kalt geworden, so geht man wohl auch einmal oder zweimal durch die Flamme, um die gegenüberliegende Seite ebenfalls etwas anzuwärmen. Wenn die Glasteile eben anfangen weich zu werden, berührt man (ohne zu drücken) den Rand der Öffnung mit dem der Röhre, worauf beide sofort an allen Stellen aneinander haften, und zieht etwas auseinander. Damit sich beide Ränder sofort fassen können, muß die Öffnung genau so groß (oder etwas kleiner) sein, als die der anzusetzenden Biegeröhre; beide Ränder müssen ferner eben sein, und beim Aneinandersetzen, was natürlich außerhalb der Flamme geschieht, müssen sie genau aufeinandergesetzt werden. Sollten trotzdem Löcher an der Vereinigungsstelle bleiben, so sucht man diese durch Neigen der Röhre gegen die betreffende Seite hin zu schließen, oder man zieht das weiche Glas durch eine etwas zugespitzte kalte Glasröhre von den Rändern her über die zu schließenden Öffnungen hinüber. Das Glas beider Teile muß, falls die Wandstärken nicht sehr geringe sind, noch inniger miteinander verbunden werden, als es durch einfaches Anheften möglich ist. Dies geschieht, indem man Stelle für Stelle erhitzt und aufbläst. Sind Knoten oder zu dicke Stellen an der Vereinigung übrig geblieben, so zieht man sie durch Berührung mit kaltem Glase ab und verschmilzt alles möglichst gleichförmig. Nach vollendeter Verbindung muß der ganze Apparat, auch die der Vereinigungsstelle gegenüberliegende Seite des weiten

Rohres, der Kugel oder des Kolbens, nochmals gleichmäßig erwärmt (event. bis zum Weichwerden, wenn man die angesetzte Röhre noch etwas richten will) und dann gleichmäßig gekühlt werden.

Soll eine zweite Röhre in der Nähe der ersten angesetzt werden, so geschieht dies am besten noch ehe die erste Verbindung kalt geworden ist. Diese muß dann im Verlaufe der Arbeit von Zeit zu Zeit wieder in die Flamme gebracht werden. Der sonstige Verlauf der Operation ist ganz der obige.

b) Herstellung von T-Stücken. — Ist eine Röhre an eine gleichweite seitlich anzusetzen, so ist das gleichmäßige Verblasen nicht leicht, namentlich wenn die Röhren eng sind,

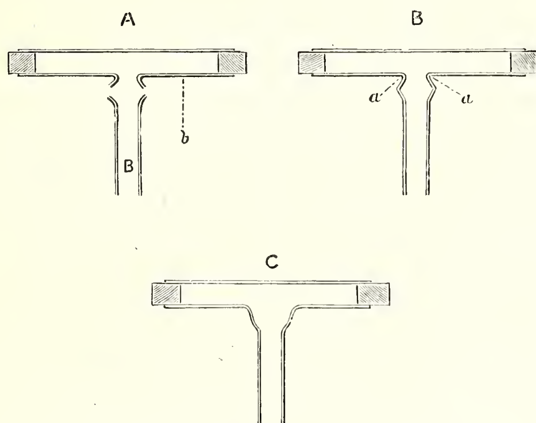


Fig. 30.

und die Wandstärke gering ist. Man erhält schön geformte T-förmige Röhrenverbindungen in allen Weiten sehr billig aus der Hütte; immerhin empfiehlt sich die Übung selbst einige derselben herzustellen. — Eine Röhre wird an einem Ende geschlossen und wie in *A* (Fig. 30) seitlich durch Aufblasen geöffnet; dann wird auch das andere Ende durch einen Stopfen geschlossen. Man erweitert ein Ende der anzusetzenden Röhre ein wenig, erhitzt die Ränder beider Röhren möglichst gleichmäßig, bringt sie zum Berühren und zieht etwas auseinander. Zum Verblasen richtet man die feinste Stichflamme in die Ecken *a a* (Fig. 30 *B*) und bläst diese Stellen heraus, so daß

die schließliche Form der T-Verbindung etwa die Gestalt *C* annimmt.

c) Herstellung von V-förmigen Gabelungen. — Bei einer Röhrengabelung, Fig. 31, biegt man erst die Röhre *A* in einem Winkel um und setzt *B* an eine Öffnung an, welche man in die konvexe Seite von *A* bläst; oder man biegt die Röhre *A* nach dem Ansetzen von *B* in der gewünschten Weise zusammen.

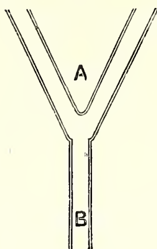


Fig. 31.

Übung: Anfertigen von Zerstäubern (nach Gouy). — Um nichtleuchtende Flammen möglichst gleichmäßig durch verdampfende Metallsalze zu färben, zerstäubt man nach Gouy Lösungen dieser Salze und mischt den Flüssigkeitsstaub der Luft bei, welche man dem Gasbrenner zuführt.

Die dazu nötigen Zerstäuber Fig. 32 stellt man in folgender Weise her: An einem T-Stück von weitem Lumen *A* zieht man ein Ende zu einer Spitze *B* aus, am anderen Ende *C* verdickt man den Rand. Hier wird ein Pfropfen *D* eingesetzt, welcher die vorn zugespitzte, hinten etwas eingeschnürte Glasröhre *E* in der Achse des weiteren Rohres hält. Durch diese Röhre *E* wird mittels Gummischlauches, der auf der Einschnürung festgebunden wird, die Salzlösung eingeführt*); auf *A* wird ein Gasschlauch befestigt, welcher einen kräftigen Luftstrom eintreten läßt. Dieser tritt bei *B* aus, zerstäubt die Salzlösung und reißt reichliche Mengen von Flüssigkeitsstaub mit sich fort. Dieser Zerstäuber wird mittels Stopfens in den einen Tubus einer größeren gewöhnlichen Waschflasche befestigt. Die gröberen Flüssigkeitsstäubchen fallen zu Boden, nur der feinste Staub zieht durch eine im anderen Tubus befestigte Röhre mit der Luft dem Brenner zu.

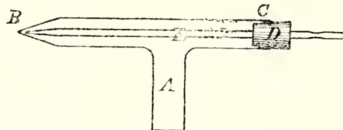


Fig. 32.

Übung: Anfertigen von Bunsenbrennern aus Glas (nach H. Ebert). — Wenn es wie bei Spektralreaktionen darauf ankommt,

*) Damit immer gleich viel eintritt, hebert man die Lösung aus einer sog. „Mariotteschen Flasche“ ab. Der doppelt durchbohrte Kork einer gewöhnlichen Flasche trägt zwei Röhren, welche fast bis auf den Boden reichen; die eine ist außerhalb der Flasche heberartig nach unten umgebogen und mittels Gummischlauches mit der Röhre *E*, Fig. 32, verbunden. Wenn hier Flüssigkeit ausfließt, tritt ein entsprechendes Quantum Luft durch die weite Röhre nach, offenbar immer gerade so viel, daß der Druck, unter dem die Flüssigkeit bei *B* austritt, der gleiche ist, wenn auch der Flüssigkeitsspiegel in der Flasche allmählich sinkt.

daß der Brenner, welcher die an sich nicht leuchtende Flamme liefert, von jeder Verunreinigung völlig frei gehalten wird, empfiehlt es sich sehr, statt der üblichen eisernen Brenner solche zu wählen, die ganz aus Glas bestehen und die leicht auseinandergenommen und gereinigt werden können. Fig. 33 stellt einen solchen, sehr haltbaren Glasbrenner dar. In das ca. 1 cm weite, 15—18 cm lange, oben und unten gerundete Glasrohr *A* sind drei Öffnungen O_1, O_2, O_3 ausgeblasen; dieselben mit einer feinen Stichflamme herzustellen macht keine Schwierigkeiten; man verstopft die schon offenen Löcher mittels zusammengerollter Stücke dünner Asbestpappe. Die Löcher stehen um 120° voneinander entfernt am besten auf derselben Umfangslinie. Von unten wird durch den Stopfen *S* die umgebogene, in eine feine Öffnung *i* endende, enge Glasröhre *G* eingeführt. Hier tritt das Gas ein. Über dieses Rohr ist der Glasmantel *M* geschoben, der aus einem kurzen, beiderseitig mit gerundeten Rändern versehenen Stück eines weiten Glasrohres besteht; seitlich ist das Luftzufuhrrohr *Z* angeschmolzen. Der Mantel *M* wird auf dem Rohre *A* durch die beiden Stopfen R_1 und R_2 gehalten. Ist das Gas eine zeitlang durch *i* eingeströmt, so kann man es bei *O* anzünden, ohne ein Rückschlagen befürchten zu müssen. Man erhält eine lange leuchtende Flamme. Bläst man nun durch *Z* Luft ein, welche durch die Öffnungen O_1, O_2, O_3 in *A* eintritt, so wird die Flamme entleuchtet. Ist die Luft, wie oben angegeben, mit Salzlösungsstaub beladen, so färbt sich die Flamme entsprechend. Ein Abspringen des Glasrandes bei *O* verhütet man durch Überschieben einer Hülse, welche man aus einem schmalen Streifen dünnen Platinbleches biegt. Will man starke Luftströme anwenden, um heiße Flammen zu erzielen, so bedeckt man *O* mit einem Stück feiner Platingaze, welche das Zurückschlagen auch in diesem Falle hindert. Dadurch, daß man *O* zu einer Spitze auszieht oder flach drückt, kann man Flammen der verschiedensten Gestalten erhalten, was für viele Untersuchungen, namentlich photometrische Prüfungen der Emission oder Absorption, oder Messungen der elektrischen Leitfähigkeit der Flammengase usw. sehr wichtig ist.

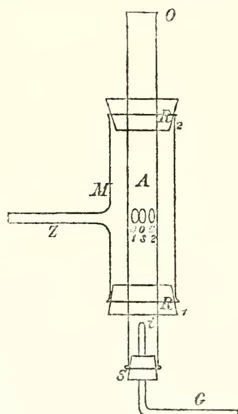


Fig. 33.

Übung: Zuschmelzen eines Gefäßes, in dem ein Gasüberdruck herrscht (nach A. Richardson). — Um ein Glasgefäß zuzuschmelzen, in dem ein Überdruck herrscht, setzt man an dasselbe nach 8, a ein Abschmelzrohr von folgender Beschaffenheit an: Ein gewöhnliches Biegerohr wird an einer Stelle etwas verengt. Vor die Verengung wird ein Stück Glasstab gelegt, der sich in das Rohr bequem einschieben läßt und dessen eines Ende zu einer Spitze ausgezogen ist. Nachdem der Glasstab, mit der Spitze gegen die Rohrverengung gerichtet, eingelegt ist, wird das Biegerohr so an das zu verschließende Gefäß angeschmolzen, daß die Spitze des Glasstabes nach außen zeigt,

und das Rohr an der Ansatzstelle eine Biegung macht, so daß der Stab nicht zurück in das Gefäß fallen kann. Dieser wirkt dann wie ein Ventil. Wird Gas unter einem Überdruck eingeführt, so weicht der Stab von der Rohrverengung zurück; hört der Gaszufluß auf, so drückt ihn das im Gefäß enthaltene Gas gegen die Verengung und schließt diese dadurch hinreichend dicht ab. Man kann alsdann außerhalb der Verengung abschmelzen, ohne daß ein Auftreiben beim Weichwerden des Glases zu befürchten ist.

Vierte Übungsstufe.

Besondere Übungen und Herstellung zusammengesetzter Apparate.

Waren die bisherigen Arbeiten und Übungen verhältnismäßig einfacher Natur, so kommen wir jetzt zu Operationen, welche schon etwas mehr Übung erfordern. Hat man sich durch die im vorigen beschriebenen Arbeiten eine sichere und vor allem ruhige Handführung angeeignet, so werden indessen auch diese Übungen keine unübersteiglichen Schwierigkeiten bereiten. Wichtig vor allem ist das Einsetzen von Elektroden; dasselbe ist in vielen Fällen sehr leicht; wir bringen aber diese Operationen erst hier zugleich mit schwierigeren Fällen dieser Art des Zusammenhanges wegen.

1. Biegen weiter Röhren in der Gebläseflamme; Herstellung von U- und V-Röhren und von Spiralröhren. Das Biegen weiter Röhren kann im allgemeinen nicht mehr in der auf S. 25 f. angegebenen Art ausgeführt werden, wenn man regelmäßige und nicht zu kleine Krümmungen herstellen will. Man erhitzt vielmehr, nachdem man ein Ende der weiten Röhre verschlossen hat, die Stelle, wo die Biegung stattfinden soll, über einer möglichst großen Besenflamme, läßt das Glas weich werden, drückt es etwas zusammen und fährt damit fort, bis eine hinreichende Masse von Glas zum Biegen beisammen ist; dann nimmt man die Röhre aus der Flamme, läßt ein wenig abkühlen und zieht das verdickte Stück aus, indem man ihm gleichzeitig die gewünschte Krümmung gibt; dabei bläst man in die Röhre, um das Zusammenfallen zu

verhindern. Kleine Unregelmäßigkeiten kann man nachher ausbessern.

a) Herstellung von V- und U-Röhren. — Beim Biegen einer weiten Röhre um einen gewißen Winkel erhält man ein V-Rohr. Gute U-Röhren von sehr großen Dimensionen, völlig gleicher Glasdicke und vollständig gleichförmigem Durchmesser von einem bis zum anderen Ende herzustellen, erfordert schon einige Übung und eine ruhige Hand; doch kann in den gewöhnlichen Fällen, wo es sich darum handelt, an irgend einem Teile eines Apparates zwei Stücke umzubiegen bis sie einander parallel sind, eine gute Krümmung ohne Einbiegung an der konkaven Seite ohne Schwierigkeit hergestellt werden. Gute Krümmungen weiter Röhren erzielt man auch, wenn man die Röhre mit trockenem, feinem Sande füllt, nachdem man ein Ende fest verschlossen hat; das andere Ende darf nur leicht verschlossen sein, so daß der Sand nicht herausrinnen, die heiße Luft dagegen aus dem Innern entweichen kann. Dann dreht man die Röhre in einer möglichst großen Flamme; man kann, wenn man ein genügend langes Stück der Röhre hinreichend heiß gemacht hat, die weite Röhre ebenso biegen wie eine gewöhnliche Biegeröhre.

b) Herstellung von Spiralröhren. — Spiralröhren, wie sie bei Kühlern verwendet werden, aus freier Hand zu biegen ist sehr schwer. In der Hütte stellt man sie her, indem man eine mäßig weite Röhre Stück für Stück erhitzt und um einen Metallzylinder wickelt. Der Zylinder, aus Kupfer gefertigt, enthält unten ein Muttergewinde, mit welchem er so auf eine Schraube aufgeschraubt ist, daß der Zylinder sich gleichförmig in seiner Achse weiterbewegt, wenn man ihn dreht. An seinem Mantel wird eine dünne Glasröhre befestigt, und nun die Flamme gegen Zylinder und Glas gerichtet, bis dieses weich wird; das erhitzte Stück kann dann auf den Zylinder aufgewickelt werden. Nun geht man weiter und dreht so den Zylinder vor der Gebläselampe allmählich herum, immer neue Partieen der Röhre erhitzend und aufwickelnd. Ist die ganze Länge der Röhre gewunden, so setzt man eine neue an, bis die ganze Spirale vollendet ist. Anfang und Ende der Röhre werden senkrecht umgebogen und axial gestellt.

Man ahmt dieses Verfahren in irgend einer Weise nach, wenn man sich selbst an diese Aufgabe wagen will.

2. Doppellötungen. — Unter „Doppellötungen" versteht man das Einschmelzen eines Rohrteiles in einen anderen. Diese Operation ist nicht leicht, aber überaus wichtig, ja für viele Zwecke unerläßlich.

Häufig kann man sie freilich umgehen. Will man z. B. einen Rückflußkühler herstellen, so kann man einfach den äußeren Mantel an den Enden bis zu dem Durchmesser des inneren Rohres zusammenfallen lassen und die Verbindung durch ein Stück übergeschobenen Gummischlauches herstellen.

Das Verschmelzen von Röhren an ihrer Berührungsstelle gelingt nur, wenn beide Röhren aus derselben Glassorte gefertigt sind.

a) Das Verschmelzen der Ränder zweier konaxialer Röhren. — Verhältnismäßig am einfachsten gestaltet sich die Operation, wenn es sich nur darum handelt die Ränder zweier ineinander befestigter Röhren zu verschmelzen. Man richtet dieselben in der Weise vor, daß man den Rand des inneren Rohres nach außen umlegt, den des äußeren nach innen soweit einfallen läßt, daß es hier denselben Querschnitt wie der Rand des inneren Rohres hat und verschmilzt nun unter gleichzeitigem schwachen Aufblasen die Ränder Stelle für Stelle möglichst gleichmäßig. Man beginnt mit engen und dünnwandigen Röhren und schreitet nach erlangter Übung zu weiteren fort.

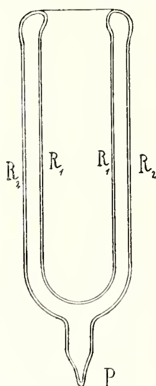


Fig. 34.

Je nach den besonderen Verhältnissen, insbesondere je nach den Rohrweiten hat man dazu entsprechende Vorkehrungen zu treffen, wie die folgende Übung an dem Beispiele der für die verschiedensten Zwecke dienenden Vakuumgefäße im speziellen zeigen möge.

Übung: Anfertigen eines zylindrischen doppelwandigen Vakuumgefäßes. — Ein vollkommen luftleer gepumpter Raum zwischen zwei Glaswänden bietet den vollkommensten Wärmeschutz, den wir kennen. Will man also ein Gefäß $R_1 R_1$ Fig. 34 möglichst vor Wärmeverlusten schützen, z. B. bei Versuchen mit Kältemischungen, verflüssigten Gasen usw., so umgibt man es zweckmäßig mit einem zweiten, oben am Rande mit ihm verschmolzenen weiteren Gefäße $R_2 R_2$, das man bei P an eine Quecksilber-Luftpumpe (siehe weiter unten) anschmilzt und

möglichst weit auspumpt.*) Man schließt $R_1 R_1$ unten halbkugelig und legt den oberen Rand etwas nach außen um. Dann läßt man an einem weiteren Rohre $R_2 R_2$ den Rand des einen Endes nach innen einfallen bis er einen dem Rande von $R_1 R_1$ gleichen Durchmesser hat. Nun umwickelt man $R_1 R_1$ mit so viel Lagen dünner Asbestpappe, daß man $R_1 R_1$ konaxial in $R_2 R_2$ festlegen kann; man wickelt einen umgebogenen Draht mit ein, an dem man nachher den Pappwulst wieder herausziehen kann; die Luftkanälchen, die neben dem Drahte bleiben, sind für das nachherige Verblasen sehr nützlich. Nun schiebt man $R_1 R_1$ so weit ein, daß sich die umgebogenen Ränder berühren und schließt $R_2 R_2$ am anderen Ende mit einem Stopfen, der in der Mitte ein enges Rohr zum Einblasen von Luft trägt. Nachdem alles in dieser Weise vorbereitet ist, erwärmt man die Ränder vorsichtig, läßt das Glas ringsum zusammenlaufen und bläst den Rand vorsichtig auf, verdickte Stellen eventuell nochmals erwärmend. Dann kühlt man lange und sorgsam. Nun holt man die Asbestpappe heraus und rundet $R_2 R_2$ am Ende und setzt hier das Biegerohr P an. Es ist zweckmäßig das doppelwandige Gefäß zu versilbern, um auch die Wärmestrahlung abzuhalten. Dazu gießt man irgend eine Versilberungsflüssigkeit in den Zwischenraum und läßt diese gleichmäßig an den beiderseitigen Wänden entlanglaufen. Dann spült man mit Wasser aus und trocknet sorgsamst im Trockenschrank. Zuletzt setzt man das Rohr an die Pumpe an, pumpt längere Zeit, bis ein von einem Pole eines Induktoriums, dessen anderer Pol geerdet ist, an die Röhre P gelegter Draht, in dieser das für das Auftreten von Kathodenstrahlen charakteristische grüne Fluoreszenslicht hervorruft. Dann schmilzt man ab. Flüssige Luft (Temperatur von -194^0 bis -183^0 C., je nach der relativen Zusammensetzung) soll sich in einem solchen gut evakuierten Gefäß von einigen Hundert Kubikzentimetern mehrere Stunden lang halten.

Vielfach haben die Vakuumgefäße kugelige Gestalt z. B. in Fig. 64 das Gefäß V, was den Vorteil hat, daß bei größerem Rauminhalte die schädliche Oberfläche geringer ist, als bei allen anderen Formen; dieselben sind indessen schwierig herzustellen, so daß ihre Verfertigung der Hütte überlassen bleiben muß.

b) Ineinanderschmelzen zweier Röhren. — Die engere Röhre *r r* Fig. 35*c* und *d* soll in der weiteren *R* festgeschmolzen werden. Dazu schneidet man *r r* zunächst an der Stelle, wo sie an *R* „angelötet" werden soll, auseinander, schließt das eine Ende halbkugelig, läßt *R* am ent-

*) Das Vakuum ist schon 1881 von A. Weinhold zur Wärmeisolation benutzt worden; 1888 wurde das Verfahren wieder von d'Arsonval beschrieben; heute werden diese Vakuumflaschen allgemein und auch in Deutschland Dewarsche Flaschen genannt, aber wie man sieht mit Unrecht, denn will man sie mit einem Eigennamen belegen, so hat man sie billigerweise nach ihrem ersten Entdecker zu nennen.

sprechenden Ende bis auf den Querschnitt von *r* zusammenfallen und legt nun *r* genau konaxial in *R* dadurch fest, daß man *r* mit so viel dünner Asbestpappe unter Einklemmen eines dünnen Drahtes umwickelt, daß man die so verdickte Röhre *r* streng in *R* einschieben kann, Fig. 35 *a*. Ferner schließt man *R* am anderen Ende derartig (etwa durch Stopfen mit zentrisch eingesetztem Blaseröhrchen, wenn *R* länger ist, oder durch ringförmigen Stopfen mit Rohr, wenn *r* über *R* hinausragt), daß man von hier aus in den Zwischenraum von *R* und *r* und in *r* hineinblasen, nachher aber die Asbestbewickelung nach dieser Seite hin mittels des Drahtes wieder herausziehen kann. Dann erweicht man die Berührungsstelle von *R* und *r* ringsum, so daß sich das Glas möglichst gleichmäßig anlegt; durch Blasen verhindert man ein Zusammenfallen. Nun öffnet man durch Aufblasen, Fig. 35 *b*, das geschlossene Ende von *r* und setzt das zugehörige Rohrstück *r'* an. Danach soll die Verschmelzung die Gestalt *c* haben; indessen ist es häufig, namentlich bei weiten und dickwandigen Röhren nicht zu vermeiden, daß sich an der Stelle *a* das Glas allzusehr verdickt hat; beim Erkalten würde dann ein Abspringen der verschmolzenen Teile sehr leicht eintreten können. Daher erwärmt man in diesem Falle die Verlötungsstelle nochmals vollständig und bläst nun zu der eleganteren und haltbareren Form, Fig. 35 *d*, auf; ein Zusammentreten der Glasränder wie bei *b* dieser Figur wird im allgemeinen bevorzugt.

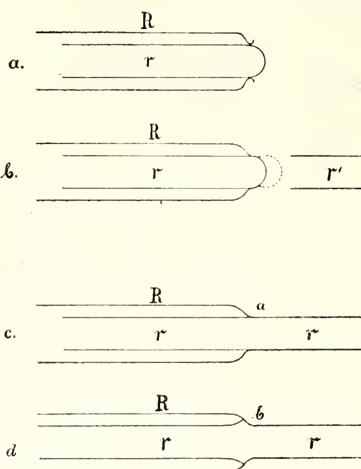


Fig. 35.

Übung: Zusammenstellen von Ausfriertaschen zum Reinigen von Gasen (nach K. Fischer). — Die wiederholte Anwendung der soeben geschilderten Operation ermöglicht es einen Apparat anzufertigen, der dazu dient, in flüssige Luft eingetaucht, die letzten Spuren von Verunreinigungen aus einem Strome von Wasserstoff-, Stickstoff- oder Sauerstoffgas herauszunehmen oder ähnlich wie der einfachere Apparat Fig. 28 S. 56 die von gewissen radioaktiven Körpern ausgehende

Emanation anzureichern. Denn kein Absorptionsmittel entfernt aus den genannten Gasen Fettdämpfe, Wasser- oder Quecksilberdampf oder Gase, deren Auftreten sich bei der Herstellung gar nicht vermeiden läßt, wie Stickoxyd usw., so gründlich wie das Ausfrieren dieser Verunreinigungen in flüssiger Luft. Man muß dazu nur den Gasstrom häufig aus engeren Röhren in weite Gefäße übertreten lassen, deren Wände stark gekühlt sind, vergl. auch S. 56. Hat man nach Fig. 35 ein engeres Rohr r mit einem weiteren R verschmolzen, so rundet man das Letztere unten ab, Fig. 36 R_3, und öffnet es oben seitlich. Hier setzt man das engere Rohr r_2 eines ebenso behandelten weiteren Rohres R_2 an, das man mit dem Rohre r_1 verbinden kann, welches seitlich durch die Wand des weiteren Rohres R_1 geführt ist; an dieses ist oben ein engeres Absaugerohr angesetzt. Die Mitten der drei röhrenförmigen Taschen sind in den Eckpunkten eines gleichseitigen Dreieckes, und nicht wie in der Figur der Übersichtlichkeit wegen geschehen, in einer Ebene angeordnet, so daß das Ganze einen möglichst kleinen Raum einnimmt. Ist alles gut gekühlt, so kann man den Apparat unbesorgt in flüssige Luft tauchen, ohne ein Abspringen der einzelnen Teile voneinander befürchten zu müssen, wenn man ihn in dem Halse der Vakuumflasche sich erst vorkühlen läßt und ihn dann langsam Zentimeter für Zentimeter in die kalte Flüssigkeit eintaucht.

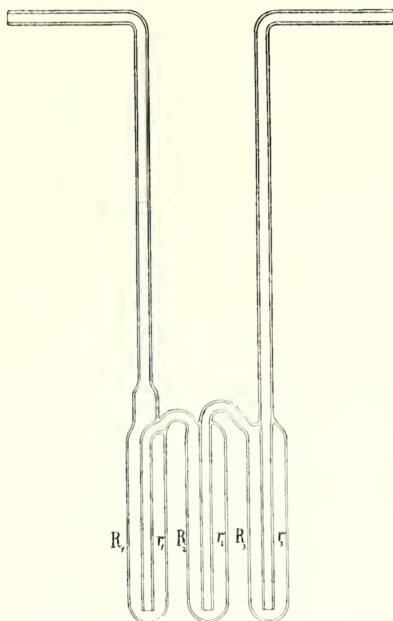


Fig. 36.

Ubung: A n f e r t i g e n e i n e r O z o n r ö h r e. — Es möge an diesem Beispiele noch ein etwas anderes Verfahren der Doppellötung erläutert werden. An die äußere Röhre (II), Fig. 37, wird ein Biegerohr von gewöhnlichen Dimensionen bei F seitlich angesetzt, dann wird das eine Ende E etwas verengt. Dies geschieht am besten in der Weise, daß man erst das Ende E probierröhrenähnlich schließt, die Rundung erhitzt und so schnell zu einer Kugel aufbläst, daß sie zerspringt; die Splitter streicht man mit dem Messer ab. Das seitliche Rohr bei F wird durch Stopfen geschlossen. Die innere Röhre (I) wird an dem einen Ende C rund abgeschlossen, hat hier aber eine feine Öffnung zu erhalten, die später wieder geschlossen wird. Zu dem Zwecke verengt man das Ende C erst und zieht es dann zu einem ganz feinen Röhrchen aus, welches zunächst in einiger Entfernung zugeschmolzen wird. Dieses Röhrchen als Hand-

habe benutzend, bläst man den verengten Teil der Röhre geeignet auf, so daß das Ende C genau halbkugelförmig gestaltet ist. Dann treibt man das Glas bei B kugelförmig auf, nicht mehr und nicht weniger, als daß B gerade in die Öffnung E des weiteren Rohres II hineinpaßt. Die Länge BC muß etwas geringer als die Länge des äußeren Rohres ED sein. Hinter B verengert man etwas und zieht zu einem so weiten Rohre K aus, daß man das Ende bequem in dem Munde führen kann. Schließlich schneidet man das Röhrchen bei C ganz kurz ab, so daß nur eine kleine Öffnung, etwa von Stecknadelkopfgröße, in dem gerundeten Ende von A übrig bleibt.

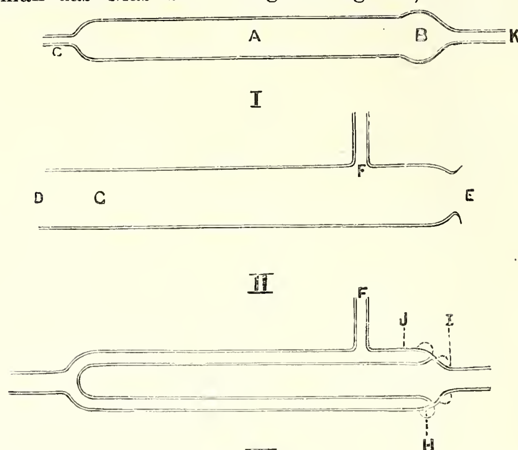


Fig. 37.

Nachdem beide Röhren in dieser Weise vorbereitet sind, wickelt man um die Röhre A am Ende C einen 1—2 cm breiten Streifen von Schreibpapier, bei kürzeren Röhren vorteilhafter dünner Asbestpappe, herum, so daß die Röhre mit dem Wulst eben noch in die Mündung D der äußeren Röhre II eingeschoben werden kann. Wenn das Papier seiner ganzen Breite nach sich innerhalb D befindet, so zieht man A wieder heraus, hält aber den Papierring fest und schiebt diesen nach Entfernung von A noch etwas weiter gegen G hin vor. Nun führt man A von der anderen Seite her durch E ein, so daß die Kugel B sich gerade an den Rand von E anlehnt und das Ende C durch den bei G befindlichen Papierring hindurchgeschoben ist. Beide Röhren sollen alsdann genau axial liegen; indessen darf der Papierstreifen nicht so fest gedrückt sein, daß die Luft nicht mehr frei durch den Ring hindurch gehen kann. D wird hierauf durch einen Kork geschlossen; bläst man nun durch K in die Röhre A hinein, so geht die Luft durch die feine Öffnung bei C in die äußere Röhre und muß durch die Ritze zwischen E und B entweichen, falls der Papierring nicht zu fest gewickelt ist. Ganz allmählich bringt man nun die Kontaktlinie zwischen B und E, sowie die benachbarten Partien vor die Stichflamme, nachdem man sie vorher in der Nähe einer größeren Flamme genügend vorgewärmt hat, und dreht sie vor der Stichflamme so lange, bis das Glas weich wird und aneinander haftet. Dann erhitzt man eine Stelle nach der anderen und bläst jede in der gewöhnlichen Weise aus, indem man die Luft durch K hineintreibt. Die Luft muß auf beiden Seiten der Verbindung gleich stark wirken; man bläst so stark, daß beide Seiten sich

schwach nach außen wölben, so etwa, wie die punktierten Linien in III, allerdings in etwas übertriebenem Maßstabe, andeuten. Schließlich erhitzt man die ganze Verbindung zwischen den Linien *I* und *J* bis zum Weichwerden und bläst sie unter gleichzeitigem, schwachen Ziehen in die in III dargestellte schließliche Gestalt.

Die seitliche Röhre *F* soll nicht zu nahe am Ende *E* angesetzt sein; ist dies unvermeidlich, so muß die Verbindung bei *F* gut gekühlt worden sein und sie muß auch sehr vorsichtig erst wieder angewärmt werden, ehe man mit dem Zusammenschmelzen von *H* (III) beginnt.

Wenn die Verbindung bei *H* nach dem Kühlen ganz kalt geworden ist, entfernt man den Papierring, wärmt innere und äußere Röhre an dem Ende *D* an und schließt die kleine Öffnung der inneren Röhre bei *C*, indem man eine feine lange Stichflamme durch *D* direkt auf das Ende *C* richtet. Nun wird noch das Ende *D* der äußeren Röhre auf gewöhnliche Art verengt und in eine Biegeröhre ausgezogen. Da das Ende bei *D* zu kurz ist, als daß man es direkt mit der Hand anfassen könnte, schmilzt man zunächst eine Handhabe an.

Übung: Zusammenblasen einer Wasserstrahlluftpumpe. — Fließt Wasser aus einer Spitze innerhalb eines etwas weiteren Rohres in kräftigem Strahle aus, so reißt es reichliche Luftmengen mit. Dies benutzt man nun einerseits, Luft aus einem Gefäße auszusaugen (Saugpumpe), und andererseits, Luft in einem Behälter zu sammeln (Wassertrommelgebläse). Eine einfache Form einer solchen Pumpe, die man sich selbst leicht herstellen kann, war in Fig. 5 dargestellt worden. An eine weitere Röhre ist bei *B* eine vorn aufgetriebene Röhre *C* seitlich angesetzt; bei *G* wird die Röhre lang ausgezogen und oberhalb *B* läßt man sie zusammenfallen und schneidet sie hier glatt ab. Nun richtet man eine dünnere Röhre *A* derart vor, daß sie, unten in einer Spitze bei *G* endend, oben mit einer Erweiterung gerade in die Öffnung der weiteren Röhre paßt. Hier vereinigt man sie durch Doppellötung.

c) Einschmelzen einer Röhre in eine Kugel. — Die zugespitzte Röhre Fig. 38 Nr. 4 soll so in die Kugel Nr. 1

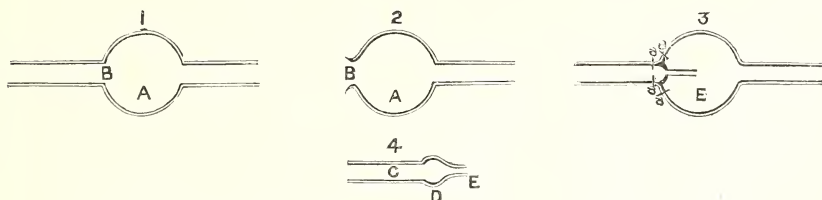


Fig. 38.

eingeschmolzen werden, daß die Form 3 entsteht. Zuerst bereitet man das einzusetzende Rohr *C* (4) vor; dasselbe wird bei *D* schwach kugelförmig erweitert, bei *E* in eine Spitze ausgezogen. Dann bläst man die Kugel *A* in der Mitte eines

Rohres auf, Nr. 1, nimmt den Rohrteil links von *B* ab und bläst eine Öffnung auf, Nr. 2, die so groß ist, daß *D* sie eben erfüllt. Nun schiebt man *E* durch die Öffnung *B*, hält *D* gegen den Rand von *B* und dreht beide Teile langsam und gleichmäßig vor der Gebläselampe, so daß die Stichflamme immer an der Berührungslinie spielt, bis beide Teile aneinanderhaften. Dann bläst man die Verbindung etwas auf, und erhitzt zuletzt noch einmal das Ganze zwischen *a*, *a* und *α*, *α* (3).

Derartige Verbindungen brechen sehr leicht, entweder schon nach wenigen Minuten oder nach längerer Zeit, wenn das Glas von *D* wesentlich dicker ist als das von *A*. Deshalb wähle man das Glas aller Teile von gleicher Dicke und so dünn, als es überhaupt mit den Zwecken des Apparates verträglich ist. Doch selbst bei angenähert gleichen Dicken ist sorgfältiges Kühlen bei allen derartigen *inneren* Verbindungen eine Hauptsache; denn *E* kühlt sich weniger schnell ab als die Teile, welche dem freien Luftzug ausgesetzt sind.

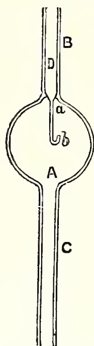


Fig. 39.

Übung: Anfertigen einer Luftfalle. — Wenn in Röhren Quecksilber, welches in Hebegefäßen mit Gummischläuchen zum Abschluß dient, vergl. z. B. die Figuren 62 und 64, emporfließt, reißt es leicht Luftbläschen mit; zum Abfangen derselben dienen die sog. „Luftfallen". In die Kugel *A* Fig. 39 wird oben das mit einem längeren, unten hakenförmig umgebogenen Röhrchen *ab* versehene Rohr *B* eingeschmolzen. Fließt das Quecksilber in *C* nach *B* empor, so sammeln sich die mitgerissenen Luftblasen im oberen Teile der Kugel *A* und nur das Quecksilber selbst tritt durch *ba* in *D* ein. Luftfallen in Röhrenform zeigen die Figuren 62 und 64 bei *L*.

Übung: Herstellung einer Phosphoreszenzlampe (nach H. Ebert). — Einen größeren Rundkolben *K*, Fig. 40, mit zylindrischem Halse versieht man an den Stellen L_1 und L_2 mit kleinen Auftreibungen, um hier Zuführungsdrähte anhängen zu können. Den Hals läßt man an einer Stelle etwas zusammenfallen und schneidet ihn hier ab. Ferner setzt man an ein weiteres Rohr, welches etwas weiter als die Halsverengung ist, ein engeres Rohr *S* an, das man in der Mitte und am Ende mit einer Kugel *k* derartig versieht, daß beim Einstecken dieses Rohres in *K* die kleine Kugel gerade in der Mitte der großen zu stehen kommt. An der mittleren Kugel bläst man eine kleine Öffnung *O* auf. Die Kugel *k* bestreicht man dünn mit einem Klebstoff, etwa Eiweiß, und pulvert aus einem Gazesieb Zinksulfidkryställchen (sog. Sidot'sche Blende) darauf. Nun schmilzt man das enge Rohr mittels Doppellötung in den Kugelhals an der verengten Stelle ein und zieht nach außen zu einer Röhre *P* aus. Das Ganze wird zunächst im Trockenschranke gut ausgetrocknet, dann an die Quecksilberpumpe angeschmolzen, vollkommen evakuiert und abgeschmolzen. *P* steckt man in einen Holzfuß. Auf

die Kugel K malt man zwei Ringe R_1 R_2 mit Bronzefarbe auf, durch welche eine leitende Verbindung mit den Stellen L_1 und L_2 hergestellt wird. Legt man an diese Drähte, welche mit einem elektrischem Schwingungskreise verbunden sind, so entstehen unter R_1 und R_2 Kathodenstrahlen, welche die Blende auf k zu hellleuchtender Phosphoreszenz erregen.

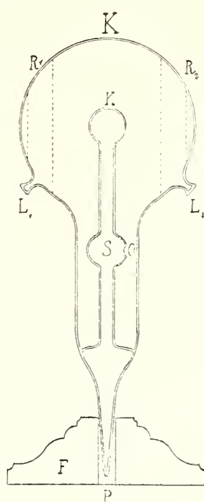


Fig. 40.

3. Einsetzen von Elektroden. — Dieses ist eine der wichtigsten Übungen wegen der großen Bedeutung, welche elektrische Arbeiten heute allgemein haben, z. B. auch für den Chemiker, und weil es gerade hierbei von Wichtigkeit ist, daß man bei der Mannigfaltigkeit der Verwendung das Einsetzen schnell und sicher selbst bewerkstelligen kann.

Wir besprechen der Reihe nach verschiedene Verfahren, welche zunächst sehr einfach sind und von denen erst die letztbesprochenen mehr Übung erfordern.

a) Einkitten von Elektroden. — In sehr vielen Fällen kommt man ohne besondere Glasblasekünste aus. Handelt es sich z. B. darum, einen etwa eine Platte tragenden dicken Kupferdraht oder einen Zinkstab als Elektrode in ein Gefäß, etwa eine elektrolytische Zersetzungszelle irgend welcher Form, einzusetzen, so genügt es meist, den Draht oder Stab in ein eng umschließendes Glasrohr einzukitten. Man verwendet dazu am besten Siegellack. Der Draht wird erwärmt und mit Siegellack gleichmäßig bestrichen. Das gut gereinigte und vor allem getrocknete Glasrohr wird erhitzt (doch nicht so sehr, daß der Siegellack verbrennt) und über den Stab geschoben. Die erhaltene Dichtung ist flüssigkeitsdicht, ja bei sorgsamer Ausführung sogar vollkommen gasdicht. Soll die Elektrode in einem Gefäß ohne Stopfen befestigt werden, so schmilzt man ein etwas weiteres Rohr als das den Draht umkleidende an das Gefäß (Rohr) an und kittet in dieses ebenfalls mit Siegellack das die Elektrode tragende und umkleidende Rohr ein.

Diese Art des Einsetzens versagt, wenn der Siegellack chemisch durch die Elektrolyten angegriffen wird, oder wenn bei höheren Temperaturen gearbeitet werden soll. Auch wenn

der Strom zu stark oder der Draht zu dünn ist, treten wegen der unvermeidlichen Erwärmungen Schwierigkeiten auf.

b) Einschmelzen von Platindrähten ohne Einschmelzglas. — Vollkommen gereinigtes Platin vereinigt sich in der Glühhitze mit dem Glase. Diesen Umstand kann man benutzen, um direkt eine Elektrode in die Glaswand einer Röhre oder eines Gefäßes einzuschmelzen. Besonders einfach und haltbar ist das Einsetzen eines nicht zu dicken Platindrahtes in ein Röhrenende. Man faßt das Drahtstück mit der Flachzange, glüht es in der heißesten Stichflamme aus, verengt das frisch abgeschnittene Röhrenende, schiebt den glühenden Draht ein, läßt ganz zusammenfallen, wobei man aber darauf achten muß, daß sich der Draht in der Rohrachse befindet und sich nirgends an die Rohrwand anlegt. Dann zieht man ein wenig am Draht, geht aus der Flamme, bläst unter konstantem Drehen ein wenig in das Innere des Rohres und richtet den Draht möglichst axial. So stellt man sich die in Glasröhrchen eingeschmolzenen Platindrähte her, welche man z. B. bei Flammenfärbungen und Spektralversuchen braucht.

Solche in Röhren eingeschmolzene kurze Platinelektroden kann man ferner dazu verwenden, um in weitere Gefäße, etwa solche, wie sie zu Gasentladungen dienen, die Elektrizität einzuführen. Man schmilzt die Röhren direkt an, oder setzt zunächst etwas weitere Röhren an und kittet in diese die mit den Elektroden versehenen Röhren ein, und zwar entweder so, daß die aus den Glasröhren herausragenden Platindrähte in das weitere Gefäß ragen, oder so, daß sie nach außen stehen. Im ersteren Falle füllt man in die Röhren Hg ein, um die Zuleitung zu vermitteln. Ist dieses luftfrei eingegossen, so fließt es aus engen Röhren auch nicht aus, wenn diese horizontal oder vertikal nach unten gerichtet werden.

Im zweiten Falle schützt man das frei herausragende Stück des Platindrahtes vor dem Abbrechen, indem man auf das Röhrenende mittels Siegellacks kurze Stücke eines etwas weiteren Glasrohres aufkittet, das man eventuell vertikal nach oben biegt; dieser Glasmantel muß den Platindraht noch etwas überragen. In das entstehende Näpfchen füllt man Quecksilber und taucht die Zuleitungsdrähte in dieses ein; dadurch wird

zugleich eine sichere, funkenfreie Zuleitung der Elektrizität erzielt. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß man die Elektroden rasch auswechseln kann.

Endlich verwendet man diese Röhrchen auch um Elektroden, z. B. größere Aluminiumbleche weiter in die Entladungsgefäße hineinragen zu lassen. Man nietet an das Elektrodenblech einen dickeren Aluminiumdraht und befestigt an dessen Ende den dünnen Platindraht, schiebt über beide Drähte ein Glasröhrchen, an dessen Ende man den Platindraht durch Zusammenfallenlassen des Randes einschmilzt. Die so „gestielte Elektrode" kann man dann in eine Glaskugel oder -röhre einschmelzen, wie es etwa Fig. 51 bei *A K* zeigt.

Mitunter ist es bequemer und sicherer, die Elektroden direkt in die Gefäß- oder Rohrwand einzuschmelzen. Soll z. B. in die Röhre *A* (Fig. 41), welche nicht zu schwach sein darf, an der Stelle α ein Platindraht eingeschmolzen werden, so richtet man die feinste Stichflamme, über die man verfügt, gegen α, nachdem das Rohr in der ganzen Umgebung von α (namentlich auch an der α gerade gegenüberliegenden Stelle) etwas angewärmt worden ist. Ist das Glas weich geworden, so berührt man es mit dem Ende eines etwas erwärmten Platindrahtes w; das Glas haftet fest. Man zieht den Draht zurück und die Rohrwand wird zu einer Spitze Fig. 41 *B* ausgezogen, die man abbricht. Der einzuschmelzende Platindraht wird mit der Zange erfaßt, ausgeglüht und durch die Öffnung α eingeführt. Man richtet die Flamme gegen die Stelle α, bis das Glas schmilzt und sich ringsum an den Draht anlegt. Dabei ist wieder darauf zu achten, daß sich der Draht nicht gegen die Rohrwand neigt und an dieser etwa festklebt. Noch ehe die Stelle kalt geworden ist, bläst man das Glas bei α zu einer schwach konvex gekrümmten Haube auf, Fig. 41 *C*, wobei man den Platindraht genau senkrecht zur Oberfläche richtet. Man darf dabei nicht zu viel Glas heiß machen. Ist das Ein-

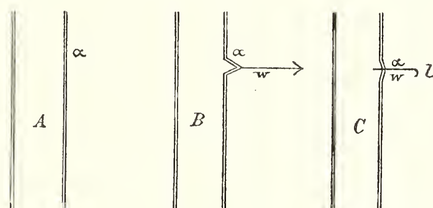


Fig. 41.

schmelzen und Richten des Drahtes ausgeführt, so muß man die Stelle *α* und ihre ganze Nachbarschaft nochmals erwärmen, damit sich beim Abkühlen keine Spannungen entwickeln, endlich ganz gleichförmig kühlen, sonst springt das Glas von dem Platindrahte wieder ab. Selbst bei sorgsamem Kühlen springt mitunter das Glas an der Stelle, wo der Draht eingeschmolzen ist; dies liegt an der Beschaffenheit des Glases, von dem nur gewisse Arten sich mit dem Platindrahte so innig verschmelzen lassen, daß ihre Vereinigung auch nach dem Abkühlen fortdauert.

Eine sehr einfache Art, Elektroden einzuschmelzen, ist die folgende (F. Heerwagen): Man verengt ein nicht zu weites Biegerohr an einer Stelle auf eine Strecke von 1—2 cm. In den verengten Rohrteil schiebt man, nachdem die Temperatur desselben genügend gesunken, einen dünnen, vorher sorgsam ausgeglühten Platindraht und erhitzt nun die verengte Stelle abermals, so daß sich das Glas allseitig an den Platindraht anlegt. Hierauf geht man schrittweise zu immer kühleren Flammen über, indem man gleichzeitig das Ganze in die gewünschte Form biegt, und läßt endlich in der rußenden Flamme ganz allmählich erkalten. Diese Biegeröhre setzt man an das Glasgefäß (Kapillarelektrometer, Clarksche Normalelemente, Geißlersche Röhren) an; das äußere Stück füllt man mit Quecksilber.

Diese Elektroden haben den Vorteil, daß sie völlig geschützt liegen; die aus den Glasröhren heraustretenden, zu Ösen umgebogenen ungeschützten Platindrähte brechen leicht ab, wenn Zuleitungsdrähte oft ein- und ausgehängt werden (s. auch weiter unten S. 77).

Trotz der innigen Berührung, in der der Draht mit einer größeren Glasmasse steht, verträgt diese Elektrode doch starke Ströme (bis zu 5 Ampère) und verhältnismäßig große Erwärmungen, wenn sie gut gekühlt war, und der Platindraht dünn ist.

Übung: Herstellung von Normalelementen. — In den Boden gewöhnlicher Reagiergläser setzt man nach dem genannten Verfahren Pt-Drähte ein. Für gewöhnliche Normalelemente genügt dies schon; die betreffenden leitenden, das Element konstituierenden Bestandteile werden in dem Reagierglase übereinander geschichtet, die andere

Elektrode wird, durch einen Stopfen gehalten, von oben eingetaucht. Die in neuerer Zeit vielfach benutzte H-Form erhält man, wenn man zwei solche mit Elektroden versehene Reagenzgläser durch ein, in mittlerer Höhe angeschmolzenes, kurzes, weites Rohrstück miteinander verbindet.

Übung: Anfertigung von Fulguratoren. — Fulguratoren dienen zur spektroskopischen Untersuchung von Salzlösungen, aus denen man die Metalle durch elektrische Funken verflüchtigt. In den Boden von Reagiergläsern werden wie oben dünne Platindrähte eingeschmolzen. Die Lösungen werden bis zur Höhe des oberen Endes der eingeschmolzenen Platindrähte eingefüllt; zweckmäßig steckt man über die Drähte noch ein Stück eines sich verjüngenden engen Glasrohres von etwas größerer Länge, in dem sich die Lösung bis zur Spitze kapillar emporzieht. Von oben her wird, durch einen Kork getragen, eine mit einem Pt-Drahte versehene Glasröhre der Spitze gegenübergestellt. In die Röhre wird etwas Hg gegossen und in dieses der amalgamierte Zuleitungsdraht gesteckt.

Läßt man zwischen der oberen und unteren Pt-Spitze die Entladungen eines Induktoriums überspringen, so verdampft die Lösung, zerlegt sich das Salz, und zeigt sich das Funkenspektrum des Metalles im Spektroskop.

c) Einschmelzen von Platindähten mittels Einschmelzglases. — Platin und Glas haben nur in Ausnahmefällen genau denselben Ausdehnungskoeffizienten; Vereinigungen beider bei höheren Temperaturen müssen daher bei der Abkühlung zu Spannungen im Glase führen, welche oft selbst bei sorgsamstem Kühlen ein Abspringen des Glases von der Elektrode namentlich bei Erschütterungen herbeiführen. Dem Platin am nächsten stehen bezüglich der Ausdehnungskoeffizienten das weiche französische Bleiglas und die farbigen Emaillegläser, z. B. das sog. Rubinglas; von diesen Glasarten legt man daher zweckmäßig eine Schicht, die sich leicht mit anderen Glassorten verbindet, beim Einschmelzen um den Platindraht.

Hat man eine sehr kleine Öffnung durch Ausziehen (S. 42) hergestellt, so genügt ein Tropfen eines solchen Einschmelzglases an den glühenden Pt-Draht gebracht, um die Verbindung zu einer sicheren zu machen. Ist die Öffnung größer, so zieht man von dem (eventuell durch Ausziehen eines dickeren Stabes schon etwas verdünnten) Einschmelzglase einen dünnen Faden ab, den man um die Öffnung randartig herumlegt; der Platindraht wird eingeführt und mit der Stich

flamme das Ganze verblasen. Noch bequemer ist es, den etwas erhitzten Draht mit dem Einschmelzglas zu umwickeln, dieses zunächst auf dem Drahte festzuschmelzen, so daß es einen Wulst bildet und mit diesem dann die Öffnung zu verschließen. Die genannten Gläser werden leicht reduziert vergl. S. 14; sie überziehen sich dann mit einem dünnen, schwarzen Überzuge. Sobald dies eintritt, geht man in den vordersten, oxydierenden Teil der Flamme, woselbst das ausgeschiedene Metall wieder verschwindet; im ganzen vermeide man das allzu starke Erhitzen dieses Glases.

Sollen die Platindrähte als Elektroden in Entladungsröhren dienen, so hat man mit dem Übelstande zu kämpfen, daß durch die Entladungen das Platin der negativen Elektrode zerstäubt wird und sich als schwarzer, undurchsichtiger Beleg an den Wänden des Entladungsrohres absetzt. Man kann dem zum Teil dadurch abhelfen, daß man die freie Metalloberfläche möglichst verkleinert. Dazu umhüllt man das ganze innere Ende mit einer gleichmäßigen Schicht von Einschmelzglas, indem man auf dem an ein Glasstäbchen angeschmolzenen, sorgfältig ausgeglühten Platindrahte einen Faden aufwickelt, den man in möglichst gleichmäßiger Stärke von dem nur am Rande der Flamme erwärmten Einschmelzglas abzieht. Die einzelnen Fadenwindungen schmilzt man dann durch gleichmäßiges Drehen des Drahtes in der Flamme vermittelst des Glasgriffes, an dem man ihn befestigt hat, zu einer ununterbrochenen Hülle zusammen, aus der nur das äußerste Ende des Drahtes hervorsieht. An der Stelle, wo der Draht in die Röhre eingeschmolzen werden soll, verdickt man die Umwickelung dadurch, daß man mehrere Lagen übereinander windet, verschmilzt und schiebt die entstandene kleine Scheibe in die zuvor geblasene Öffnung ein, deren Ränder bis eben zum Schmelzen erhitzt sein müssen. Fig. 42 zeigt die erhaltene Elektrode; *W* ist der Platindraht, *G* sein Glasmantel. Das Zerstäuben des Platins ist bei dieser Anordnung auch nur vermindert, nicht völlig aufgehoben und zu gleicher Zeit ist der Widerstand an der Kathode beträchtlich gesteigert. Will man jede Spur von Platin aus dem inneren

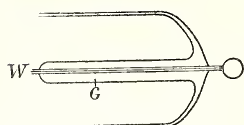


Fig. 42.

Raume des Entladungsrohres fernhalten, so schmilzt man an den Platindraht ein Stück Aluminiumdraht an. Dieses Metall wird erheblich weniger zerstäubt, ist aber freilich nicht so widerstandsfähig wie Platin; bei einer Röhre, in der Chlor untersucht werden soll, dürfte man z. B. keine Aluminium-Elektroden verwenden. Der Platindraht wird genau wie vorhin eingewickelt. Dann wird unmittelbar vor dem Einschmelzen der Aluminiumdraht bis zum Schmelzen an einem Ende erhitzt und dieses Ende auf das ein Wenig aus der Glasumhüllung hervorstehende Platindrahtende aufgedrückt. Beim Einschmelzen hat man darauf zu achten, daß man den Platindraht nicht wieder zu heiß macht, sonst fällt das leichter schmelzbare Aluminium von ihm ab. Man kann auch die dickere Aluminiumelektrode von einem kurzen Stücke Glasrohr tragen lassen, wie es die Geißlerröhre *G* in Fig. 62 S. 100 zeigt.

Ein sorgsames Kühlen nach vollendetem Einschmelzen ist dringend zu empfehlen.

Ist der Platindraht dick, so ist keine Gefahr vorhanden, daß er am Glase abbricht, wenn man die Zuleitungsdrähte in die an seinem freien Ende wie in Fig. 42 gebogene Öse einhängt. Will man aber nicht so dicke Drähte einschmelzen, so fertigt man sich kleine Kappen aus Messingblech, die an ihrer Spitze eine Öse tragen. Das freie Ende des Platindrahtes wird dann durch eine in der Messingkappe befindliche kleine Öffnung hindurchgezogen und die Kappe selbst auf dem Glase durch Siegellack befestigt.

Übung: Herstellung von Eudiometern. — Eine dickwandige Röhre schließt man an einem Ende halbkugelförmig, öffnet sie einige Zentimeter vom geschlossenen Ende entfernt und schmilzt hier senkrecht zur Rohrwand einen bis nahe zur Rohrmitte reichenden Pt-Draht ein, an den außen eine Öse angebogen wird. Dann öffnet man das Rohr an einer dem Drahte genau gegenüberliegenden Stelle und setzt auch hier einen Draht ein. Die beiden Platindrähte sollen einander bis auf 1—2 mm nahe kommen. Dann kalibriert man die Röhre und ätzt auf ihr die Teilung in cbcm ein.

4. Aneinandersetzen der einzelnen Teile großer, unhandlicher Apparate. — Oft ist es notwendig, Teile eines Apparates miteinander zu verbinden, welche zu schwer oder zu unhandlich sind, um frei vor der Gebläselampe bearbeitet

zu werden, und welche daher nicht auf die S. 52 und folgende erörterte Weise aneinander geschmolzen werden können.

Jedenfalls ist für alle feineren Arbeiten die Vermeidung jeglicher Schlauchverbindungen dringend zu empfehlen. Mittels der S. 5 beschriebenen Lötpistole ist es bei einiger Übung auch gar nicht schwer dünnwandige Biegeröhren, deren Enden bündig abgeschnitten sind und die unmittelbar aneinander stoßen mit einander zu verschmelzen. Man versieht die zu vereinigenden Apparate wie Verbrennungsöfen, Gasometer, Waschflaschen usw. mitsolchen Röhren von gleicher Weite, schneidet die Enden frisch ab, baut die einzelnen Apparate der Reihe nach aneinander hin und verschmilzt die Rohrenden mittels der Lötpistole, indem man durch einen Gehilfen vom Ende des Apparates her auf Kommando sanft aufblasen läßt. Bleibt irgendwo eine Öffnung, so streicht man sie mittels eines zugespitzten Glasrohres derselben Glassorte zu, indem man eventuell von diesem noch so viel Glas abschmilzt, als zur Ausfüllung der Stücke nötig ist. Bei gutem Aufblasen des dabei oft entstehenden Glasknotens wird die Verbindung wenn auch nicht schön, so doch sicher. Fürchtet man Verbiegungen einzelner Teile, etwa durch das sich-Werfen des Tisches beim Anheizen der Verbrennungsöfen hervorgerufen, so legt man eine Rohrbiegung ein, die federnd nachgibt.

Sollen dicht aneinander stehende Glasteile, etwa die Teile *A* und *B* in Fig. 43, aneinander geschmolzen werden, so treibt man vor dem Aufbau der beiden Teile die Enden der zur Herstellung der Verbindung bestimmten Röhren *C* und *D* etwas auf, indem man sie erst ganz am Ende zuschmilzt, dann etwas weiter innen erhitzt, aufbläst und an der geeignetsten Stelle abschneidet. Das eine Ende *C* wird etwas weniger aufgetrieben, so daß es in *D* hineinpaßt, und die Ränder von *D* etwas übergreifen. Außerdem macht man in eine der Röhren, z. B. *C*, eine kurze V-förmige Ausbiegung. Nun werden beide Apparate, wie in der Figur angedeutet ist, nebeneinander gestellt und in ihrer schließlichen Stellung befestigt, wobei *C* gerade in *D* liegen muß. Um dies zu erreichen, wärmt man die Röhre mit der V-Ausbiegung etwas

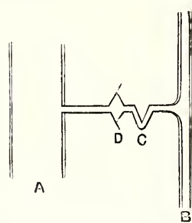


Fig. 43.

vermittelst der rußenden Flamme eines auf den Gasschlauch gesteckten Fischschwanzbrenners an und streckt oder biegt das V der Röhre so, daß *C* in *D* gerade zur Anlehnung kommt. Alle Öffnungen an dem Apparate bis auf eine werden geschlossen, an welche man ein Gummigebläse mit einem Schlauche ansetzt, der lang genug ist, um das Gebläse in der Hand halten zu können, während man die Vereinigung von *C* und *D* herbeiführt. Dann richtet man eine kleine Stichflamme der Lötpistole Fig. 4, S. 5, auf die Stelle *D*, bis das Glas schmilzt. Um zu verhüten, daß hierbei enge Verbindungsröhren zu einer kompakten Glasmasse zusammenlaufen, muß man einen kleinen Überdruck im Apparate durch Drücken am Gummigebläse erhalten, so bald sich *D* und *C* vereinigt haben. Ferner muß man ein Stück Holzkohle in Bereitschaft halten, um das weiche Glas bei *D* zu unterstützen, wenn es herabfließen will. Man geht mit der Stichflamme rund um die zunächst nur roh hergestellte Verbindung, und bläst eine Stelle nach der anderen langsam auf. Schließlich macht man die Flamme etwas größer und erhitzt das Ganze noch einmal. Sind die beiden Apparatteile auf Holz montiert, so befestigt man zum Schutze desselben ein Stück Asbestpappe auf ihm. Kühlt sich die Verbindung ab, so geben die Schenkel der V-förmigen Umbiegung bei *C* leicht so viel nach, als der Zug infolge der sich dabei geltend machenden Kontraktion beträgt.

Man kann auch ganz enge Röhren, z. B. glatt abgeschnittene Kapillarröhren, direkt aneinander schmelzen, wenn man die Teile, welche durch sie verbunden werden sollen, so gegeneinander rückt, daß die Röhren schwach federnd mit ihren Endflächen gegen einander drücken. Alsdann braucht man nur mit der Stichflamme rings herumzugehen und dadurch die Enden zu schmelzen; dieselben vereinigen sich dann ohne weiteres zu einer luftdichten Verbindung.

Sollte sich im Laufe der Zeit irgendwo in den Rohrverbindungen ein Riß zeigen, so braucht man darum noch nicht den ganzen Apparat auseinander zu nehmen. Man wärmt sorgfältig an, tupft von einem zugespitzten Glasrohre der gleichen Glassorte etwas Glas auf den Riß und kann diesen so zunächst mit weichem Glase zuschließen. Durch Aufblasen

und Wiedererwärmen kann man dann die schadhafte Stelle vollkommen wieder verschweißen.

Der Verfasser möchte diese Art des direkten Aneinanderschmelzens vieler Apparatteile wärmstens empfehlen. Hat man sich erst einmal daran gewöhnt, so wird man auch in dem Wiederauseinandernehmen und Umbauen der Anordnung nur eine geringe Mühe finden.

Man setzt dann eben nur neue Biegerohre dazwischen. Sollen die einzelnen Teile eine gewiße Bewegungsfreiheit gegeneinander bewahren, so fügt man zwischen ihnen eine sogenannte „Glasfeder" (nach Kundt und Warburg) ein.

Ein Biegerohr von geringer Wandstärke und großer Länge wird zunächst in der Mitte M (Fig. 44) über der rußenden Flamme des Flachbrenners rechtwinkelig umgebogen; dann wird jede der beiden Hälften U-förmig gebogen, so daß die beiden U in derselben Ebene liegen. Die beiden etwas längeren, äußeren Schenkel der beiden U werden schließlich aus der gemeinschaftlichen Ebene nach verschiedenen Seiten hin heraus und senkrecht zur Ebene der U gebogen, so daß in der Fig. 44 E_1 senkrecht nach hinten, E_2 senkrecht nach vorn zur Ebene der Zeichnung stehend zu denken ist. Ein so gebogenes Glasrohr gibt in der Richtung der umgebogenen Enden in hohem Grade nach.

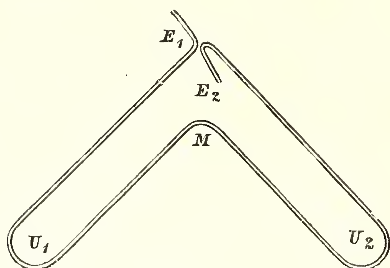


Fig. 44.

Wo es angängig ist, werden ausgedehntere Apparatanordnungen an Brettern montiert, welche an der Wand befestigt sind, oder an einem Balken, der quer durch das Zimmer über dem zum Experimentieren dienenden Tische von Wand zu Wand geht und hier festgelagert ist. Dadurch, daß man an diesen Balken herabreichende Latten und Bretter an den geeigneten Stellen anschraubt, kann man jedem einzelnen Teile die nötige Stabilität geben; mit der Flamme des Gaslötrohres kann man leicht überall hin gelangen.

Glaubt man mit Schlauchverbindungen auskommen zu können, so soll man dieselben wenigstens noch besonders abdichten, entweder indem man die Schlauchenden mit Wachskolophoniumkitt bestreicht oder noch besser mittels Quecksilber dichtet.

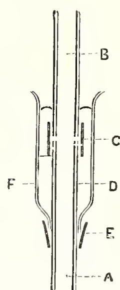


Fig. 45.

Sollen z. B. die beiden Röhren A und B (Fig. 45) miteinander luftdicht verbunden werden, so stellt man aus einer weiteren Röhre einen Becher F her, der unten so weit verengt ist, daß A noch hindurch kann, schiebt diesen mit einem Stück Gummischlauch E am unteren Ende über A, befestigt B auf A, Glas

auf Glas, durch ein kurzes Stück eines enganliegenden Gummischlauches *C*, schiebt *F* mit *E* in die Höhe, bis der Rand des Bechers höher steht als die Verbindungsstelle *C*, und gießt Quecksilber in den Becher *F*; der Spiegel des Quecksilbers muß über dem oberen Rand von *C* stehen. Soll der Gummischlauch *C* noch durch Drähte festgezogen werden, so nimmt man ausgeglühte Eisendrähte. Man umwickelt zu diesem Zwecke den Schlauch mit einem Streifen Isolierband, legt die Drähte um und zieht sie fest, indem man die freien Enden mittels einer Flachzange drillt.

Horizontal liegende Röhren werden durch die Fig. 46 dargestellte Vorrichtung miteinander verbunden. Beide Röhren, *A* und *B*, werden wie vorhin durch ein kurzes Stück Gummischlauch *C* unmittelbar aneinander gehalten, über welches der Mantel *D* geschoben wird, der aus einer weiteren Röhre durch Verengen an beiden Enden hergestellt ist; bei *F* hat er eine Öffnung. Bei *G*, *G* wird das äußere Rohr an dem inneren durch Gummischläuche befestigt; schließlich füllt man mit Quecksilber. In diesem, wie im vorigen Falle genügt auch für viele Zwecke eine Füllung mit Glycerin.

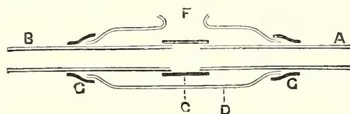


Fig. 46.

Über die Verbindung durch Schliffe siehe weiter unten.

5. Anfertigung von Glasstopfen. — Das Herstellen und Einschleifen von Glasstopfen ist leichter, als man gewöhnlich glaubt. Die Röhre I, Fig. 47, wird an dem Ende *A* mit einem spitzen Kohlenkonus oder dem S. 11 erwähnten eiförmig ge-

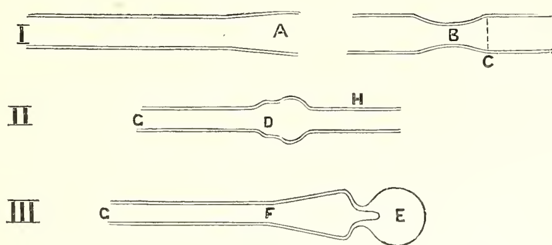


Fig. 47.

formten Blech etwas ausgeweitet, oder es wird eine konische Mündung für den Stopfen durch schwaches Verengen bei *B* nahe dem einem Ende und Abschneiden des zylindrischen Endes der Röhre an der punktierten Linie *C* hergestellt; in dem letzteren Falle macht man das Ende noch einmal warm und weitet es mit der Kohle möglichst gleichmäßig aus.

Den Stopfen stellt man aus einem nicht zu schwachen

Rohre von solchem äußeren Durchmesser her, daß es leicht in *A* und *B* eingeschoben werden kann, ohne beim Drehen darin zu schlottern. Dieses Rohr treibt man bei *D* (Fig. 47, II) etwas durch Aufblasen und Zusammendrücken des weichen Glases auf. Dann erhitzt man die Nachbarstelle von *D*, drückt wieder zusammen und treibt dadurch das Glas etwas auf, aber weniger als vorhin. Man fährt damit fort, jede Zone weniger stark auftreibend als die vorhergehende, und verschmilzt die einzelnen Auftreibungen miteinander, so daß man schließlich einen Konus erhält, der an Größe und Gestalt so nahe als möglich der vorhin gefertigten Rohrmündung entspricht. Dieser zum Stopfen bestimmte Teil kann etwas größer sein, als die zu seiner Aufnahme bestimmte Rohröffnung, so daß etwa nur der schmalste Teil von *D* in *A* oder *B* eingeführt werden kann. Hierauf zieht man die Röhre bei *H* ab, erhitzt das Glas bis es zu einer kompakten Masse zusammenläuft, die man mit einer Flachzange zu dem Kopfe *E* (Fig. 47, III) breitdrückt. Man wärmt noch einmal an und kühlt dann gut.

Zum Einschleifen von III in *A* oder *B* (Fig. I) benetzt man *D* mit Terpentinöl, in dem etwas Kampher gelöst ist, bestäubt die feuchte Oberfläche mit Schmirgelpulver, und schleift den Stopfen ein, wobei das Ende *G*, welches gerade in *A* hineinpaßt, eine geeignete Führung gibt. Der Stopfen muß rings herum und nicht vor- und rückwärts gedreht werden. Im Anfange erneuert man häufig das Schleifmaterial; ist der Stopfen dagegen erst etwas tiefer eingetrieben, so vermeidet man die Anwendung von frischem Schmirgel: das vorher aufgetragene Pulver wird beim Einschleifen selbst immer feiner zerrieben und gibt daher glattere Flächen, als frischer Schmirgel. Zur schließlichen Politur können auch andere, noch feinere Schleifmittel verwendet werden. (Empfohlen wird z. B. Tripel.)*)

Erst wenn der Stopfen genau eingepaßt ist, wird das Ende *F* abgeschmolzen. Die Flamme muß mit großer Vorsicht

*) Der Zusatz von Kampher ist beim Glasschleifen sehr wichtig. Glas verhält sich trotz seiner sonst so spröden Natur unter einer Feile, die mit der angegebenen Kampher-Terpentinlösung befeuchtet ist, fast wie ein Metall. Man kann Glasplatten auf diese Weise ohne Schwierigkeiten mit einer Feile durchbohren.

angewendet werden, da Glas, welches geschliffen worden ist, leicht bei der Erwärmung springt. Man schneidet daher lieber die Röhre nur ab und feilt die Ränder mit einer mit Terpentinöl benetzten Feile glatt.

Die Stopfen auf Flaschen werden in etwas anderer Weise gefertigt; indessen kann bei Gelegenheit ein neuer Stopfen auf eine Flasche auch nach den hier gegebenen Vorschriften angefertigt werden; schlecht paßende Stopfen können leicht mit Schmirgel und der Kampferlösung in Terpentinöl nachgeschliffen werden.

Übung: Herstellung eines Apparates zur Elektrolyse (nach A. W. v. Hofmann). — Wir wollen die im vorigen erläuterten Manipulationen, namentlich das Einschmelzen von Elektroden und Fertigen von Hähnen an diesem wichtigen, aber freilich etwas schwieriger herzustellenden, zusammengesetzteren Apparate wiederholen. Die Herstellung gasdichter Hähne wird hierbei die größte Mühe erfordern.

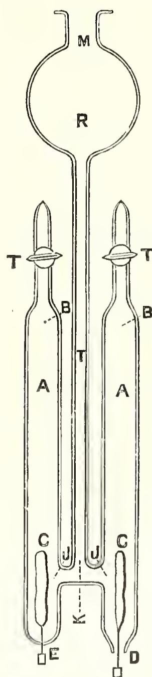


Fig. 48.

An zwei Röhren von etwa 35 cm Länge und 14 mm Durchmesser *A*, *A*, Fig. 48, setzt man zwei Hähne *T* und *T* an den Enden *B* an, zieht die anderen Enden aus, und schneidet kurz ab, wie bei *D*. Durch die dadurch entstehenden Öffnungen *D* führt man je ein langes, schmales Platinblech *C*, *C* ein, welches an einem Platindraht befestigt ist,*) und schmilzt die Drähte ein. Dabei richtet man die Elektroden so, daß sie genau durch die Mitte des Rohrendes hereintreten, und bläst vom anderen Ende her durch die Hähne hinein, so daß eine Rundung wie bei *E* entsteht.

Hierauf öffnet man die Röhren *A*, *A* seitlich bei *J*, *J*, und setzt sie an das kurze etwa 14 mm weite Rohrstück *K* an, das vorher schon an die Röhre *T* angeschmolzen ist, welche oben die Kugel *R* trägt. *R* bläst man am besten aus einem an das Ende von *T* angesetzten Stücke eines weiteren Rohres auf; der Hals der Kugel *R* wird alsdann von dem anderen Ende des weiteren Rohrstückes gebildet; der obere Rand desselben wird etwas aufgetrieben und umgelegt. Bei dem Zusammenblasen von *J*, *J* mit *K* wird *M* am besten durch einen Stopfen verschlossen und die Luft durch einen der Hähne *T* eingeblasen. Alle Verbindungen, namentlich die bei *J*, *J*, müssen gut gekühlt werden. Man kann auch erst die Röhren *A*, *A* mit *K* verbinden und dann die Elektroden bei *D* und *E* einschmelzen. In gewißer Hinsicht

*) Rotglühendes Platinblech kann leicht an einen Platindraht angeschweißt werden. Um eine gute Verbindung herzustellen, säubert man Blech und Draht, sticht in das Blech in der Richtung, in welcher der Platindraht angeheftet werden soll, mit einer Stecknadel zwei oder

ist dies vielleicht etwas leichter, doch ist es immer besser, die Verbindungen J, J zuletzt herzustellen, da sie leichter als die anderen springen können, wenn sie nachträglich noch einmal erhitzt werden.

Fünfte Übungsstufe.

Anfertigung von Vakuumapparaten.

I. Die Vakuumröhren.

Das Bedürfnis, selbst etwas Übung im Glasblasen zu besitzen, stellt sich am dringendsten ein, wenn man mit Arbeiten über die mannigfaltigen, schönen und wichtigen Erscheinungen beschäftigt ist, welche verdünnte Gase unter dem Einflusse elektrischer Entladungen, oder elektrischer Schwingungen, oder von Wechselströmen hoher Frequenz, wie etwa bei den Teslaschen Versuchen, zeigen. Will man hier selbständige Untersuchungen anstellen, so ist es fast unmöglich, fortwährend den Glasbläser in Anspruch zu nehmen. Aber auch für Demonstrationszwecke kann man sich eine Menge schöner Hilfsmittel selbst herstellen, die sonst nur unter erheblichem Kostenaufwand zu beschaffen sind. Freilich sind einige dieser Arbeiten nicht leicht, da es auf große Sauberkeit ankommt und ein sehr sorgfältiges Verblasen und Kühlen nötig ist; der kleinste, kaum sichtbare, noch nicht ganz geschlossene Luftkanal, der feinste, nach dem Abkühlen sich bildende Riß kann das Vakuum verderben und die Versuche vereiteln.

---

drei Löcher und zieht durch diese den Platindraht so hindurch, daß das Blech am Drahte fest hält und zunächst eine rohe Verbindung hergestellt ist. Nun erhitzt man beides in der Gebläseflamme, bringt das Blech schnell auf einen daneben stehenden kleinen Ambos oder sonst einen eisernen Gegenstand mit einer ebenen Fläche und vereinigt durch einige kurze, kräftige Hammerschläge beide Metallteile. So schweißt man auch Bleche an, auf denen man Salze in die Flamme zur Färbung derselben in größeren Mengen bringen will. Man durchlöchert dieselben mit Hilfe einer Stecknadel, damit die Flamme des Bunsenbrenners an alle Teile des Salzes heran kann, und biegt sie löffelförmig zusammen; solche Platinlöffelchen, die mit Metallsalzen gefüllt sind, geben dauerndere und intensivere Flammenfärbungen als die an Platindrahtösen angeschmolzenen Salzperlen.

Wir stellen das Wichtigste, auf Vakuumversuche bezügliche, das Leichte wie das Schwierigere in aufsteigender Reihenfolge in diesem Abschnitte zusammen.

1. Herstellung elektrodenloser Vakuumräume und Vakuumröhren. — Bei den neueren, auch nach der technischen Seite hin immer mehr an Bedeutung gewinnenden Untersuchungen des Leuchtens gasverdünnter Räume in einem elektrischen Felde, in dem die elektrischen Spannungen fortwährend und sehr rasch wechseln (Hertzsche Schwingungen, oscillatorische Kondensatorentladungen, Hochfrequenzwechselströme, funkentelegraphische Anordnungen irgend eines Systems), braucht man keine metallische Zuleitung dem Gase zuzuführen; eine genügend evakuierte Kugel leuchtet in einem solchen Felde auf (nachdem man event. einige Funken hat auf sie überschlagen lassen). Will man das Leuchten in Röhren erhalten, so schließt man eine nicht zu enge gut gereinigte und getrocknete Röhre an einem Ende, indem man das Ende am besten noch etwas kugelförmig auftreibt, und setzt an dem anderen Ende konaxial ein Biegerohr an, welches man unmittelbar hinter der Ansatzstelle etwas verengt. Mittels dieses Biegerohres schmilzt man das weite Rohr an die Vakuumpumpe an und evakuiert soweit, daß schließlich nur noch Spuren von Quecksilberdämpfen zurückbleiben. Dann erwärmt man die Verengung vorsichtig mit der rußenden Bunsenflamme, entleuchtet diese dann und schmilzt unter gelindem Ziehen das Rohr von der Pumpe ab. Die entstehenden Glasfäden schmilzt man zu kleinen Kugeln zusammen. Man erhält so bei richtig getroffenen Verdünnungen sehr empfindliche Röhren, d. h. Röhren, welche bereits aufleuchten, wenn sie nur in die Nähe des Entladungskreises elektrischer Ansammlungsapparate, z. B. von Leydener Flaschen, gebracht werden.

Zur Verstärkung der Wirkung klebt man event. außen noch Stanniolringe auf und leitet diesen die elektrischen Erregungen zu. Man kommt so zu den Formen der Entladungsröhren mit äußeren Belegen (Elektroden), die man gewöhnlich Gassiot- oder Saletsche Röhren nennt.

Will man in die gasverdünnten Räume Gegenstände einführen, so empfiehlt sich das Zukitten durch Glas- oder Metallplatten, wie dies bereits S. 36 beschrieben wurde.

2. Anfertigung von Geißlerschen Röhren. — Entladungsröhren, in deren Inneres metallische Stromzuleitungen, Elektroden, führen, nennt man nach ihrem ersten Verfertiger, dem Glasbläser Geißler in Bonn, Geißlersche Röhren. Wir besprachen schon oben das Einsetzen von Elektroden; wird es an einem mit der Pumpe zu verbindenden luftdicht geschlossenen Apparat vorgenommen, so erhält man einen Geißlerschen Vakuumapparat.

a) Einfache Geißlersche Röhre mit eingekitteten Elektroden. — An eine weitere Röhre von ca. 3—4 cm Durchmesser setzt man zunächst T-stückartig ein engeres Biegerohr an, durch welches man das Rohr mit der Luftpumpe in Verbindung setzen kann; alsdann setzt man nach gehörigem Verengen beiderseitig zwei Biegeröhren axial an; in diese schiebt man zwei Stücke einer genau passenden Kapillarröhre ein. In die Kanäle dieser letzteren kittet man zunächst die leitenden Drähte (Platin, besser noch Aluminium) mittels Siegellack ein; alsdann schiebt man sie selbst in die Biegeröhren und kittet sie daselbst unter gelindem Anwärmen fest; dabei muß der weiche Siegellack eine längere Strecke in die Biegeröhren eingesaugt werden. Man muß die Leitungsdrähte und die Kapillarröhren ein Stück in das weite Rohr hineinschieben, so daß die elektrische Entladung nicht mit dem Siegellack irgendwo in Berührung kommt.

b) Einfache Geißlersche Röhre mit eingeschmolzenen Elektroden und gerader Durchsicht. — An ein weiteres Rohr A, Fig. 49, wird an einem Ende eine Kugel K angeblasen, an diese seitlich ein nicht zu enges, kurzes Rohr R angesetzt und in dieses eine Elektrode E_1 eingeschmolzen. Dann verengt man A und setzt ein kurzes Stück einer nicht zu engen Kapillare C an. Von dem erstbenutzten weiten Rohre schneidet man ein zweites Stück B ab, an welches man ein seitliches enges Biegerohr D ansetzt. Dann schließt man ein Ende und setzt hier eine zweite Elektrode E_2 ein; endlich verengt man auch B und setzt es konaxial an die Kapillare C

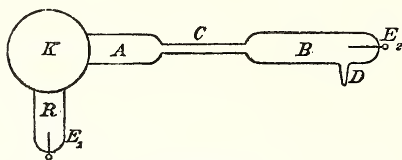


Fig. 49.

an, indem man durch *D* einbläst. Dann verengt man *D* in der Nähe von *B*, schmilzt an die Pumpe an und evakuiert. Man läßt den sekundären Strom eines Induktoriums durch die Röhre E_1 E_2 gehen, um zu erkennen, wann der Druck der richtige ist, und schmilzt dann ab. Durch die Kugel *K* nach der Kapillare *C* blickend, erhält man einen sehr intensiven Lichtpunkt (Entladungsröhre mit gerader Durchsicht).

c) Kompliziertere Geißlersche Röhre. — Eine etwas weitere Röhre als *M*, Fig. 50, wird bei *A* angesetzt, ihr anderes Ende ausgezogen und eine Kugel *L* aus ihr geblasen; dann wird die Elektrode *R* eingeschmolzen.

Eine ähnliche, aber größere Kugel *N* wird aus einem weiten Stücke aufgeblasen, welches zwischen zwei Röhren von

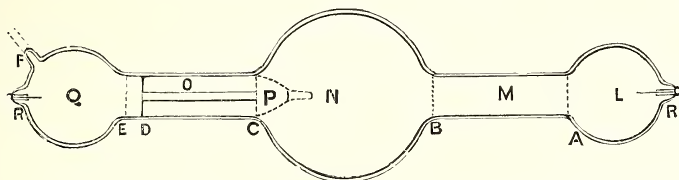


Fig. 50.

ähnlichem Durchmesser wie *M* gesetzt worden ist. Eine dieser Röhren schneidet man bei *B* ab und setzt hier *N* an *M* an. In gleicher Weise wie *L* stellt man *Q* her, schmilzt die Elektrode *R* ein und setzt die Biegeröhre an, welche durch die punktierten Linien bei *F* angedeutet ist.

Um den Lichteffekt, den die Röhre gibt, zu erhöhen, setzt man in die weitere Röhre *O* vom selben Durchmesser wie *M* die engere *P* konachsial ein (vergl. den Abschnitt über Doppellötungen). Dazu schmilzt man zunächst die enge Röhre *P* an dem Ende *D* an eine weitere an, welche sich aber eben noch in *O* hineinschieben läßt, bläst die Verbindung möglichst sorgsam aus, so daß das Glas überall dünn und regelmäßig wird und schneidet bei *D* ab. Man verengt dann die Röhre *O*, die man etwas länger als *P* läßt, an einer Stelle derart, daß das eine Ende von *O* über das von *P* hinausragt, wenn sich *D* gerade an die Verengung anlegt. Dann hält man *P* innerhalb *O* mit Hilfe eines durchbohrten Korkes und schließt das Ende *N* von *O*, etwa dadurch, daß man, wie in der Figur an-

gedeutet, *O* verengert und abschmilzt, oder mittels eines Stopfens. Man wärmt bei *D* an und schmilzt *P* in *O* nach den in S. 66 gegebenen Regeln fest, wobei man von der linken Seite, also dem der Stelle *N* entgegengesetzten Ende von *O* hineinbläst. Ist dies geschehen, so schneidet man *O* kurz oberhalb *D*, etwa bei *E*, ab und setzt hier *O* an die Kugel *Q* an, wobei man die Luft durch *F* einbläst. Dann schneidet man *O* bei *P* ab, so daß jetzt das innere, engere Rohr über *O* hinausragt, nimmt den Kork, welcher *P* in *O* gehalten hatte, heraus, und schweißt *O* zuletzt noch bei *C* an *N* an. Durch *F* wird dann irgend ein Gas eingeführt, die ganze Röhre einige Male durch abwechselndes, völliges Auspumpen und Zulassen des Gases mit diesem ausgespült, und, wenn der Druck genügend vermindert worden ist, bei *F* zugeschmolzen. Die Entladungen des Induktoriums, die man durch ein derartiges Rohr hindurchschickt, werden in *P* zusammengedrängt, die Helligkeit ist hier eine bedeutend gesteigerte.

Übung: Herstellung einer einpoligen Tesla-Glühlampe. — Die Hochfrequenzströme bedürfen nur einer einzigen Zuleitung, man kann mit ihnen also „einpolige“ Glühlampen betreiben (Nicolas Tesla). Ein weiteres Rohr wird an beiden Enden an engere Röhren angeschmolzen und zu einer Kugel aufgetrieben. An ein Biegerohr, welches in die Röhren an der Kugel bequem hineinpaßt, wird ein Platindraht mit Emailleglas eingeschmolzen. Dieses Biegerohr wird in dem einen Rohre der Kugel durch Doppellötung konaxial so eingeschmolzen, daß das aus dem Biegerohr herausragende Stück Platindraht in der Mitte der Kugel steht. Das andere Ansatzrohr wird dicht an der Kugel verengt, das Ganze an die Pumpe angeschmolzen, bis aufs äußerste ausgepumpt und dann abgeschmolzen. Steckt man in das Biegerohr einen Draht, welcher hochgespannte Wechselströme hoher Frequenz zuführt, so zeigt der in die Kugel ragende Platindraht ausgesprochene Kathodenerscheinungen und wird weißglühend. Zweckmäßig kittet man auf die Kugel eine Stanniolhaube, der man den anderen vom Transformator kommenden Draht zuführt.

Übung: Anfertigung einer Röntgenröhre mit veränderlichem Härtegrade (nach A. Wehnelt). — Wer im Einschmelzen von Elektroden und Herstellen von Doppellötungen die nötige Übung erlangt hat, der mag sich an die Anfertigung einer Röntgenröhre etwa von der Form der Fig. 51 wagen. An einem Rundkolben mit zylindrischem Halse wird letzterem gegenüber ein engeres Rohr und ebenso am Halse ein Biegerohr (in der Figur nicht sichtbar) angesetzt. In den Kolben wird die Anode *A*, bestehend aus einer kleinen Aluminiumplatte mit Aluminiumstiel, eingesetzt. In den engeren Rohransatz setzt man

die Antikathode ein. Dieselbe besteht aus einer Eisenplatte, an die ein Eisendraht als Stiel schräg angenietet ist; letzterer wird durch ein Glasrohr getragen, durch dessen Ende die mit dem Eisendrahte verbundene Stromzuleitung aus Platindraht hindurchgeht. Die aus einem konkav gehämmerten Stücke Aluminiumblech bestehende Kathode K ist an einen Stiel aus dickem Aluminiumdraht genietet, der gleichfalls von einem Glasrohre umkleidet ist. Über dieses ist aber (nach Wehnelt) ein weiteres Rohr R, welches die Kathode ganz umhüllt, geschoben, das mit dem angeschmolzenen engeren Rohrteile S auf dem gläsernen Träger der Kathode gleitet. Das erweiterte Ende desselben, durch den die Platinelektrode geführt ist, wird in den zuvor geeignet verengten Hals des Kolbens eingeschmolzen. Mittels des oben erwähnten seitlich angesetzten Biegerohres wird das Ganze an eine Quecksilberpumpe, etwa von der in Fig. 63 abgebildeten Form, angesetzt und unter fortwährendem Übergange der Entladungen in beiden Richtungen möglichst vollkommen ausgepumpt, so daß auf einem Leuchtschirme deutliche Röntgenbilder, etwa die Hand, erscheinen;*) dann wird die Röhre von der Pumpe abgeschmolzen. Wenn der Mantel R vorgeschoben ist, gehen die Entladungen erst bei viel höheren Entladungspotentialen über, die Röhre ist „härter“ und liefert durchdringendere Röntgenstrahlen, als wenn durch Klopfen und Neigen der Röhre der Mantel R zurückgeschoben wird. So kann man ohne Änderung des Vakuums die Röhre den Entladungsbedingungen des zur Verfügung stehenden Induktoriums, sowie den besonderen Zwecken des Radiogrammes anpaßen. (Die Röhre ist patentiert und wird von der Firma Reiniger, Gebbert und Schall in Erlangen in den Handel gebracht.)

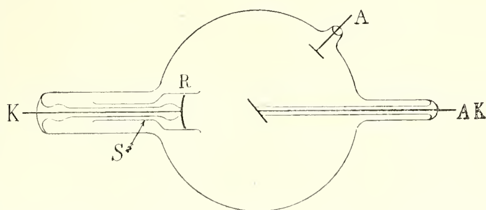


Fig. 51.

II. Hilfsvorrichtungen bei Vakuumarbeiten.

Um die Vakuumröhren bequem mit der Quecksilberluftpumpe verbinden oder andererseits sie von dieser absperren zu können, bedarf man einer Reihe von Hilfsmitteln, deren Herstellung speziell dem Glasbläser zufällt.

1. Schliffe. — Ein Schliff dient zum luftdichten Aneinandersetzen zweier Glasteile.

---

*) Bei den Entladungen sind Anode und Antikathode miteinander metallisch zu verbinden.

a) Gewöhnliche Form. — Der Schliff Fig. 52 besteht aus zwei Rohrstücken; das eine R_1 ist an seinem Ende zu dem Hohlkonus C erweitert, in den der am Ende des zweiten Rohres R_2 aufgetriebene Konus K hineinpaßt, der darin sorgfältig eingeschliffen ist. Die vier seitlichen Fortsätze F, F, F, F dienen zum Festhalten von Gummibändern oder federnden Metallspiralen, die man gespannt hier überlegt, wenn der Schliff zusammengesetzt ist, um ein selbsttätiges Lockern desselben zu verhüten. Tritt infolge von Erschütterungen ein solches ein, so ziehen die Gummibänder oder Federn die Teile wieder zusammen.

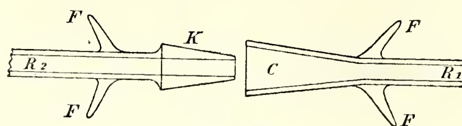


Fig. 52.

Brauchbare, d. h. völlig luftdicht ineinander passende Schliffe herzustellen, ist ziemlich schwierig und mühsam.

Am sichersten kommt man in folgender Weise zum Ziele: Man gießt Formen aus Gyps, welche die Größe der positiven und negativen Schliffteile, die man herstellen will, haben; wenn der Gyps völlig trocken ist, kann man unbeschadet heißes Glas mit ihm in Berührung bringen. Dann bläst man in die hohlen Teile die Enden K (Fig. 52) der Schliffe ein und weitet die Enden C der entsprechenden Teile mit den kegelförmigen Matrizen genügend aus und setzt die Fortsätze F an. Nach sorgsamem Abkühlen dreht man die Teile ineinander ein, indem man, mit grobem Schmirgelpulver beginnend, zu immer feineren Polirmitteln übergeht. Das letzte Ineinanderschleifen erfordert etwas Übung; indessen sind auch weniger gelungene Schliffe brauchbar, wenn sie in der S. 80 angegebenen Weise mit Quecksilber gedichtet werden; nur dürfen sie nicht ineinander wackeln. Kauft man sich die Schliffe fertig und sollten an denselben die Fortsätze F noch nicht angebracht sein, so kann man diese leicht selbst nachträglich befestigen. Man wärmt jedes der beiden Schliffstücke vorsichtig an, erhitzt dann das Ende eines nicht zu dicken Glasstabes bis zum Weichwerden und drückt die obere Endfläche des Stabes auf die Röhre. Das Glas haftet fest, man gibt dem Stab die nötige schräge Stellung und schmilzt ihn mit einer feinen Stichflamme

in kurzer Entfernung ab; mittels eines Stiftes aus Holzkohle kann man die Stellung des zurückbleibenden Dornes noch etwas regulieren. Die Spitze desselben wird in der Flamme gerundet. Sollte dieses Anheften Schwierigkeiten machen (was bei großer Ungleichartigkeit des Glases eintreten kann), so schneidet man die Schliffstücke etwas kürzer ab und setzt an jedes ein T-Stück an; die Querstücke schließt man und benutzt sie zum Umlegen des Gummibandes (nach G. Wiedemann).

Damit die Schliffflächen vollkommen abdichten, müßen sie gefettet werden.*) Hierbei bestreicht man den Konus *K* mit einer Schicht von ganz reinem Fett, und dreht *K* in *C* ein, so daß die Fettschicht sich auf der ganzen Schlifffläche verbreitet. Der Schliff muß, wenn irgend möglich, einigemale ganz herumgedreht werden können, was bei der Anlage von Apparatzusammenstellungen zu berücksichtigen ist. Man bewegt die beiden Schliffstücke, zuletzt unter Anwendung eines gewißen Druckes, der natürlich nur axial wirken darf, so lange gegen einander, bis der ganze Schliff vollständig durchsichtig geworden ist und sich nirgends mehr graue Stellen, Striemen oder Streifen zeigen. Um die letzte Spur derselben zu erkennen, bringt man ein Licht hinter den Schliff.

Das Haupt-Kriterium für die Brauchbarkeit eines Schliffes besteht

---

*) Zum Einfetten von Schliffen und Glashähnen gebraucht man gewöhnlich ein Gemisch von Wachs und ungesalzenem Schweinefett; beides schmilzt man in einem Wasserbade zusammen. Die relative Menge wird durch die Temperatur des Raumes, in welchem die Schliffe verwendet werden, bestimmt; man unterscheidet demnach z. B. ein Sommerfett und ein Winterfett; ersteres enthält mehr Wachs, letzteres weniger, und zwar immer so viel, daß das Fett weder zu fest, noch zu flüßig ist. Man gießt die geschmolzene Masse von dem sich am Boden absetzenden Schmutze in ein verschließbares Gefäß ab, oder gießt es in Röhren, aus denen es mittels eines Stempels hervorgedrückt wird. Reine Vaseline empfiehlt sich wegen allzu großer Weichheit nicht.

Durch angebrannten Gummi kann man einen Schliff völlig luftdicht verschmieren, was aber nur dann ratsam ist, wenn der Schliff lange Zeit zusammenbleiben soll. Soll ein Schliff der Wirkung von Äther widerstehen, so stäubt man auf ihn Phosphorpentoxyd und setzt ihn so lange der Luft aus, bis das Oxyd infolge von Feuchtigkeitsaufnahme klebrig geworden ist. Der Schliff muß nachher freilich der Wirkung der Luft völlig entzogen werden.

Altes Fett entfernt man durch Waschen mit Benzol; mit Fließpapier werden die Schliffteile vollständig trocken gerieben. Bei Substanzen, welche Fette lösen, empfiehlt sich als Schmiermittel für Schliffe und Hähne Zucker in Glycerin gelöst.

darin, daß es bei Anwendung eines nicht zu harten, gleichförmigen Fettes möglich sein muß, bei genügend lange fortgesetztem Eindrehen jede Spur von grauen Streifen auf der Schliffläche zu entfernen. Wenn ein Schliff locker ist, so zeigt sich dies sofort an dem Auftreten von weißen Stellen.

Das Einfetten hat den Nachteil, daß dabei unvermeidlich auch Fett in den inneren Raum des Apparates gelangt. Derselbe ist daher nie völlig frei von Kohlenwasserstoffen zu erhalten. Diese Gefahr ist bei den folgenden Formen geringer.

b) Schliffe mit Quecksilberdichtung.

α) Einfache Form. Das vertikal zu stellende Stück *K* eines gewöhnlichen Schliffes, Fig. 52, S. 90, steckt man durch einen Kork, der das Rohr desselben etwa bei R_2 fest umschließt; auf diesen wird ein Stück einer weiten Glasröhre von solcher Länge gesteckt, daß es das Ende *K* überragt. Wenn *C* aufgesteckt ist, wird Quecksilber in den entstandenen Napf gegossen. Der Schliff wird dadurch luftdicht gemacht. Da indessen das Glas nicht von dem Quecksilber benetzt wird (besonders wenn beides ganz rein ist), so könnte sich die Luft noch zwischen Quecksilber und Glaswand kapillar hindurchziehen. Um dies zu vermeiden, gießt man auf das Quecksilber eine Schicht von konzentrierter Schwefelsäure oder Glycerin. Das Quecksilber selbst zieht sich nicht zwischen gut ineinander geschliffenen Glaswänden hindurch.

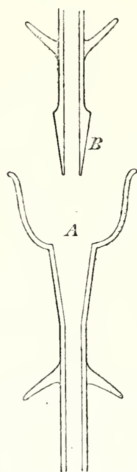


Fig. 53.

β) Napfschliffe. An den Hohlkonus *A*, Fig. 53, des unteren Teiles ist eine becherförmige Erweiterung angeblasen, *B* ist in *A* eingeschliffen. Die Dichtung wird wie bei *α* durch Quecksilber bewirkt, welches in den Napf gegossen wird.

Um das Quecksilber bequem entfernen zu können, drückt man beim Anfertigen das mit dem Napf verbundene Schliffstück *A* etwas in den Boden des Napfes hinein, so daß die tiefsten Partien desselben den Schliff rinnenartig umgeben und setzt an diesen Boden ein kurzes Rohrstück seitlich an. Verbindet man mit diesem ein unten offenes Gefäß mit Quecksilber mittels Gummischlauches, so kann man den Schliff durch Heben und Senken des Quecksilbergefäßes füllen und entleeren.

γ) Der Kahlbaumsche Schliff. — Um den inneren unten stehenden Schliffteil *U*, Fig. 54, den Stempel, bläst man nach den unter „Doppellötungen“ gegebenen Vorschriften einen Becher *B*. Der obere Teil *O* wird über den Stempel geschoben, über die Ansätze *a* werden die Gummibänder gelegt und dann der Becher *B* mit Quecksilber gefüllt. Der auch hier entstehenden Unbequemlichkeit, daß der Schliff nur in vertikaler Stellung verwendbar ist, muß man durch die Anlage der ganzen Anordnung begegnen.

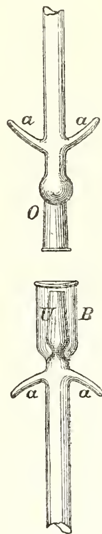


Fig. 54.

Die Verbindung verschiedener Apparatteile durch Schliffe hat den Vorteil, daß man sie auch nach der Evakuation um die Schliffachse drehen kann.

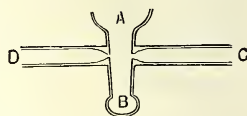
Verbindet man zwei Teile eines größeren Apparates durch Schliffe, so setzt man zweckmäßig zwei derselben an die Enden einer Z-förmig gebogenen Biegeröhre so an, daß ihre Achsen einander parallel sind; man kann dann den angesetzten Apparat heben und senken und ihn dabei gleichzeitig etwas zur Seite schieben, ohne die Sicherheit der Verbindung aufzuheben. Überhaupt verbindet man immer einen Schliff, durch den ein größerer, nicht leicht zu bewegender Apparat angeschlossen werden soll, mit einem längeren, am besten Z-förmig gebogenen Stück Rohr, welches man mit einem Flachbrenner anwärmt; noch während das Glas weich ist, schiebt man das mit ihm verbundene Schliffstück in das ihm entsprechende Stück ein.

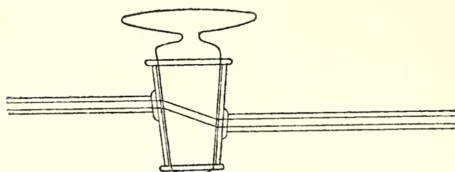
2. Hähne. — a) einfache Glashähne. — Zur Absperrung einzelner Vakuumteile von der Luftpumpe, von der äußeren Atmosphäre, den Gasentwickelungsapparaten oder voneinander braucht man gut schließende Glashähne, die vor allem nicht längs der Hahnküken Luft von außen in das Innere des Apparates eintreten lassen. Die Herstellung von guten Vakuumhähnen ist so zeitraubend, daß man sie lieber fertig beim Glasbläser kauft. Sollte der eine oder andere der gekauften Hähne auch bei sorgsamem Einfetten nicht dichten, so schleift man ihn mit Terpentin (in dem etwas Kampher gelöst ist) und Schmirgel und durch Nachpolieren mit feinstem Polierschiefer selbst noch etwas nach.

Für das Fetten der Hähne gilt das schon bei den Schliffen Gesagte; auch hier ist das beste Kriterium für ein völliges Dichtsein das Verschwinden der grauen Fettstriemen auf den

Dichtungsflächen; ein gut gefetteter und sorgfältig eingedrehter Hahn muß völlig durchsichtig sein.

Die Luft zieht meist von einem Ansatzrohre um das Hahnküken herum zum anderen Rohre. Um dies zu erschweren, konstruiert man Hähne (Fig. 55) mit etwas schräg von unten nach oben verlaufender Durchbohrung; der Weg, den die Luft dabei zu machen hat, wird dadurch länger.




Fig. 55.

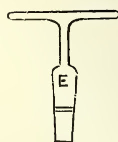


Fig. 56.

Die Unzuträglichkeit des Einfettens umgeht man in der Hauptsache wenigstens bei den folgenden Formen.

b) Hähne mit Quecksilberdichtung. — Die konische Hülse des Hahnes wird oben zu einem Becher erweitert, der mit Quecksilber gefüllt ist. Wir heben nur die folgenden Formen hervor:

α) Der Cettische Hahn (Fig. 56). Der untere Teil der Stöpselhülse *B* ist geschlossen, der obere Teil zu einem Becher *A* aufgebogen. *E* ist der zugehörige durchbohrte Stopfen.

β) Der Eiloartsche Hahn. Das Küken eines gewöhnlichen Hahnes ist mit zwei, oberhalb und unterhalb der Durchbohrung ringsherum laufenden Rinnen versehen, welche mit Quecksilber und etwas Glyzerin gefüllt werden. Jede Undichtigkeit macht sich durch das Auftreten von Luftblasen in den Rinnen bemerklich. Der Hahn ist in allen Stellungen verwendbar, die Dichtung eine sehr vollkommene.

γ) Der Gimminghamsche Hahn. — Eine Röhre *A* (Fig. 57) ist in den Hals des oben becherförmig erweiterten Rohres *B* eingeschliffen; die in der Figur gestrichelten Partien bezeichnen die einander entsprechenden Schliffflächen. *B* ist unten geschlossen und das untere Ende dieses Rohres ist in den Hals des ebenfalls napfförmig erweiterten Rohres *C* ein-

geschliffen. Noch auf der unteren Schliffläche ist *B* von dem kleinen Loche *d* durchbohrt. In die obere entsprechende innere Schliffläche von *C* ist eine Längsnut *e* so eingetieft, daß, wenn *B* in *C* eingesetzt ist und *d* auf *e* fällt, eine Kommunikation zwischen *B* und *C* hergestellt ist. Beim Gebrauche werden *A*, *B* und *C* ineinander gesetzt, in die Näpfe von *B* und *C* wird Quecksilber gegossen und die Kommunikation zweier an *A* und *C* sich anschließender Gefäße dadurch aufgehoben oder hergestellt, daß man durch Drehen von *B* um seine Achse die Öffnung *d* von der Nuth *e* entfernt, oder sie darauf bringt.

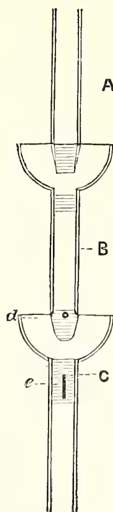


Fig. 57.

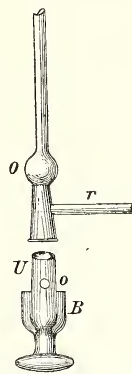


Fig. 58.

δ) Der Kahlbaumsche Hahn. — Nach W. A. Kahlbaum erreicht man eine sehr vollkommene Dichtung bei folgender Anordnung (Fig. 58). Man erweitert das vertikal zu stellende Rohr *O* unten konisch, setzt ein Rohr *r* seitlich an und paßt in den Konus das Hahnküken *U* von unten ein. Um das Küken legt man nach den unter „Doppellötungen" gegebenen Vorschriften den Becher *B* und bringt in dem Küken *U* eine Bohrung *o* in solcher Höhe an, daß sie beim Einsetzen in *O* etwas unterhalb *r* zu liegen kommt. Die genaue Korrespondenz von Öffnung *o* und dem seitlichen Rohre *r* wird dann beim Einschleifen des Hahnes erreicht. Damit bei diesem der Hahn nicht springt, muß *O* nach dem Ansetzen von *r* sehr gut gekühlt werden. Setzt man an *O* in derselben Weise zwei seitliche Röhren an, so erhält man einen Dreiweghahn. Das von unten eingeschobene Hahnküken *U* hält sich in *O*, die Dichtung wird durch Quecksilber in dem Becher *B* erreicht. Diese Hähne sind nicht leicht anzufertigen; man kann sie ebenso wie die Kahlbaumschen Schliffe von C. Kramer in Freiburg i. B. oder E. Leibolds Nachfolger in Köln fertig beziehen.

ε) Dreiweghähne. — Eine Reihe wichtiger Operationen beim Arbeiten mit Gasen wird dadurch wesentlich erleichtert,

daß man durch einfaches Umstellen desselben Hahnes ein Rohr entweder mit dem einen oder mit dem anderen Wege verbinden kann. Von den zahlreichen Formen der hierzu dienenden „Dreiweghähne“ hat sich bei vielfachem Gebrauche die in den Figuren 62 und 64 bei H und H^1 ersichtliche Form am meisten bewährt. Die Küken haben zwei schräge Durchbohrungen, die Mäntel drei Rohransätze, zwei auf der einen Seite, einen auf der anderen. Bei der einen Stellung (Fig. 62) wird der unten angeschlossene Raum P durch die eine Bohrung nach rechts hin verbunden, beim Umdrehen um 180° ist diese Bohrung geschlossen, die andere stellt die Verbindung nach links hin her (Fig. 64).

Selbst die mit Quecksilber gedichteten Schliffe und Hähne erfordern eine wenn auch nur äußerst leichte Fettung. Für Arbeiten, bei denen Fettdämpfe unbedingt fern zu halten sind, z. B. bei allen Arbeiten mit Edelgasen, empfiehlt sich daher ein Einreiben der Dichtungsflächen mit Graphit und nachherige Quecksilberdichtung. Neuerdings werden, namentlich auf Anregung von W. A. Kahlbaum, auch Hähne in den Handel gebracht, bei denen Küken und Mantel aus verschiedenem Materiale z. B. Porzellan und Glas bestehen; dieselben können sehr fest ineinander eingeschoben werden ohne doch zu klemmen; dann genügt Quecksilberabschluß ohne jedes Schmiermittel, weil sich heterogene Materialien niemals so fest gegenseitig verklemmen als gleichartige. Bei der Verschiedenartigkeit der Wärmeausdehnungskoeffizienten kann man auch Erwärmungen zu Hilfe nehmen, wenn man das Küken aus dem Materiale mit der geringeren Ausdehnung fertigt; will man den Hahn umstellen, so wärmt man ihn vorsichtig an, beim Erkalten ziehen sich dann die Dichtungsflächen wieder fest zusammen.

Am besten ist es auch hier (vergl. das S. 78 flgnde Gesagte), möglichst ohne alle Schliffe und Hähne auszukommen, alles aneinander zu schmelzen und, wenn es irgend möglich ist, nur die im folgenden beschriebenen Quecksilberabschlüsse zu verwenden.

3. Quecksilberabschlüsse. — Bei feineren Untersuchungen sind Abschlüsse durch Hähne nicht sicher genug, namentlich wenn der Abschluß lange Zeit unverändert dicht bleiben soll; bei gewöhnlichen Hähnen stören zudem die unvermeidlichen Fettdämpfe. Man stellt daher Abschlüsse her, welche durch Heben oder Senken einer Quecksilbersäule geschlossen oder geöffnet werden.

a) Einfache Form. — Die Apparatteile, welche miteinander in Verbindung gesetzt werden sollen, etwa ein Gasentwickelungsapparat und ein Vakuumrohr, werden mit

Biegeröhren versehen, welche nach unten V-förmig zusammenlaufen.

An dem Vereinigungspunkt setzt sich nach unten ein drittes Rohr an, welches durch einen Gummischlauch mit einem Gefäße in Verbindung steht, welches Quecksilber enthält. Hebt man das Quecksilbergefäß, so steigt das Quecksilber in dem V in die Höhe, schneidet also die Kommunikation zwischen den beiden Schenkeln ab; dieselbe wird sofort wieder hergestellt, wenn man das Quecksilbergefäß senkt. Die Länge der Schenkel muß die Barometerhöhe übertreffen.

β) Abschluß mit Luftfalle. — Häufig werden Luftblasen durch das Quecksilber mit in das Innere des Apparates gerissen. Daher empfiehlt es sich an das V noch ein U-Rohr anzusetzen, wie es Fig. 62 bei *R* zeigt und erst an dieses den Schlauch mit dem Quecksilberhebegefäß *Q* seitlich anzufügen; die mitgerissenen Luftblasen steigen dann in dem oben offenen (rechten) Schenkel empor und kommen nicht in den eigentlichen Quecksilberverschluß hinein (P. Ewers). Das mit dem einen Apparat in Verbindung stehende Biegerohr *G*, Fig. 59, ist rechtwinkelig nach unten gebogen und endet an dem weiteren Rohrstück *I*. Dieser weitere Raum setzt sich nach oben in einem engeren Rohre *H* fort, welches mit dem anderen Apparate verbunden ist. Der Raum *I* verengt sich nach unten, erweitert sich dann bei *J* und geht dann abermals in ein Biegerohr über, das ganz am Ende, bei *K*, etwas aufgebaucht ist. Hier wird ein Gummischlauch übergezogen und oberhalb *K* durch Draht festgebunden. Der Schlauch führt zu einem Quecksilberhebegefäße. Um zu verhindern, daß Luftblasen mit in den oberen Raum *I* gelangen, ist bei *J* eine „Luftfalle" (vergl. S. 70) eingeschaltet.

Eine andere derartige Falle zeigt Fig. 39. Um sie zu füllen senkt man das Quecksilber so tief, daß es unter *J*, Fig. 59, bezw. unter *b*, Fig. 39, steht, dann pumpt man aus und hebt wieder soweit, daß das Quecksilber die ganze Falle erfüllt. Man darf dann später das Quecksilbergefäß nie so weit wieder senken, daß das Quecksilberniveau die Spitze *J* bezw. *b* verläßt. Jede Luftblase, die das Quecksilber mitreißt, fängt sich bei *a*, so lange, bis die Luftmenge bei *a* den Quecksilberspiegel bis unter *b* herabdrückt.

In der Falle Fig. 60 kommt das Quecksilber durch C an und geht durch d nach B weiter; die Kappe E vor dem Ende der Röhre d verhindert das Eindringen der direkt aufsteigenden Luftblasen; die Luft sammelt sich in dem oberen Teile des weiteren Gefäßes, nachdem dieses in der vorhin angegebenen Weise mit Quecksilber vollständig gefüllt ist.

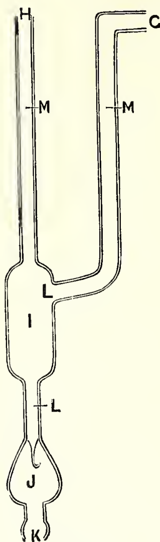


Fig. 59.

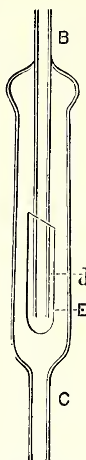


Fig. 60.

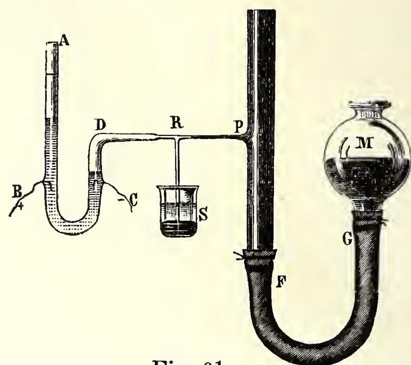


Fig. 61.

Übung: Herstellung eines Wasserstoffentwickelungsapparates (nach Cornu). — Zur Füllung von Entladungsröhren mit elektrolytisch gewonnenem Wasserstoff bei Vermeidung aller Schliffe und Hähne verwendet man nach Cornu die Anordnung Fig. 61. FP ist eine weite Glasröhre, die sich oberhalb P noch über Barometerhöhe in vertikaler Richtung fortsetzt, dann umgebogen ist und mit der Entladungsröhre in Verbindung steht; diese ist von der Pumpe durch einen V-förmigen Quecksilberverschluß getrennt. Damit keine Quecksilberdämpfe von diesem und der Pumpe her in die Entladungsröhre gelangen können, sind die weiter unten S. 101 beschriebenen Absorptionsröhren vorgeschaltet.

Bei F ist unten an die Röhre eine Luftfalle eingesetzt und der Gummischlauch FG befestigt, durch den aus dem Gefäße M Quecksilber ein- und austreten kann. Bei P ist an dem Barometerrohre eine enge Kapillarröhre seitlich angeschmolzen, die bei R T-stückartig nach unten verzweigt ist. Erst hinter R erweitert sich die Kapillare zu dem U-Rohre DA, in welches bei C und B Platindrähte (ohne Elektrodenplatten) eingelassen sind. DA wird mit ausgekochtem, reinen Wasser gefüllt, welches durch Phosphorsäure etwas angesäuert ist. Unter R wird ein Glas S gesetzt, welches unten mit Quecksilber, oben mit konzentrierter Schwefelsäure oder Glycerin gefüllt ist. Das bei C durch die Wirkung des Stromes sich entwickelnde Gas läßt man in die Barometer-

röhre FP eintreten, indem man M senkt; ein Heben von M schließt den Zugang bei P wieder. Sollte der Druck der Quecksilbersäule zu groß sein, so tritt etwas Quecksilber in die Kapillarröhre ein, fließt aber durch R in das Gefäß S ab. Um die Spektralröhre mit ganz reinem Wasserstoff zu füllen, läßt man bei C zunächst den positiven Strom (vom Kohlenpol der Kette kommend) eintreten. Es entwickelt sich Sauerstoff, mit dem man das ganze Röhrensystem füllt. Man spült erst einigemale mit Sauerstoff aus, unterbricht dann den Strom, läßt die letzten Bläschen von C aus durch P eintreten und schließt durch Heben von M ab. Läßt man dann durch die Spektralröhre kräftige Entladungen hindurch gehen, so verbrennt der Sauerstoff alle Kohlenstoffverbindungen, die etwa an den Glaswänden hängen. Nun kehrt man die Pole um, so daß jetzt bei C der negative Strom eintritt und sich Wasserstoff entwickelt, evakuiert vollständig und läßt den Wasserstoff in das Spektralrohr eintreten, nachdem man die Verbindung des Spektralrohres nach der Pumpe hin abgestellt hat. Sollten sich beim Übergange der Entladungen noch Spuren der den Kohlenwasserstoffen zukommenden Banden im Spektrum zeigen, so füllt man nochmals mit Sauerstoff usf. Auf diese Weise kann man absolut reine Wasserstoffröhren erhalten, welche die isolierten hellen Linien dieses Gases auf schwarzem Grunde zeigen.

III. Quecksilberluftpumpen.

Die Vakuumapparate pumpt man mittels sog. Quecksilberluftpumpen aus, bei denen das beim Senken einer Quecksilbersäule über derselben verbleibende Torricellische Vakuum mit dem zu evakuierenden Raume in Verbindung gesetzt wird oder die in einer engen Röhre hinabfallenden Quecksilbertropfen die Luft aus demselben mit fortreißen.*) Im allgemeinen wird man sich eine derartige Pumpe, von denen eine sehr große Anzahl von mehr oder weniger brauchbaren Formen angegeben worden ist, fertig kaufen. Es mögen indessen hier zwei einfache Typen beschrieben werden, die man sich bei einiger Übung selbst anfertigen kann und die vollkommen ausreichen, wenn es sich um die Evakuation nicht allzugroßer Räume handelt.

1. Hahnenpumpe. — Ein Dreiweghahn H von der S. 95 erwähnten Form (den man am besten fertig bezieht) wird oben an ein weiteres Rohr P (Fig. 62) angesetzt, an das unten eine

*) Neuerdings stellt man auch Öle von äußerst kleiner Dampfspannung her, so daß mit ihnen gedichtete Kolbenpumpen direkt bis auf Kathodenvakuum evakuieren, z. B. die Garykpumpen.

mit einer Luftfalle *L* versehene längere engere U-Röhre *RR* angeschmolzen wird. Diese Röhre hat einen seitlichen Ansatz, über den ein mit einem Quecksilberhebegefäß *Q* versehener Gummischlauch gezogen wird. Ein derartiges oben offenes

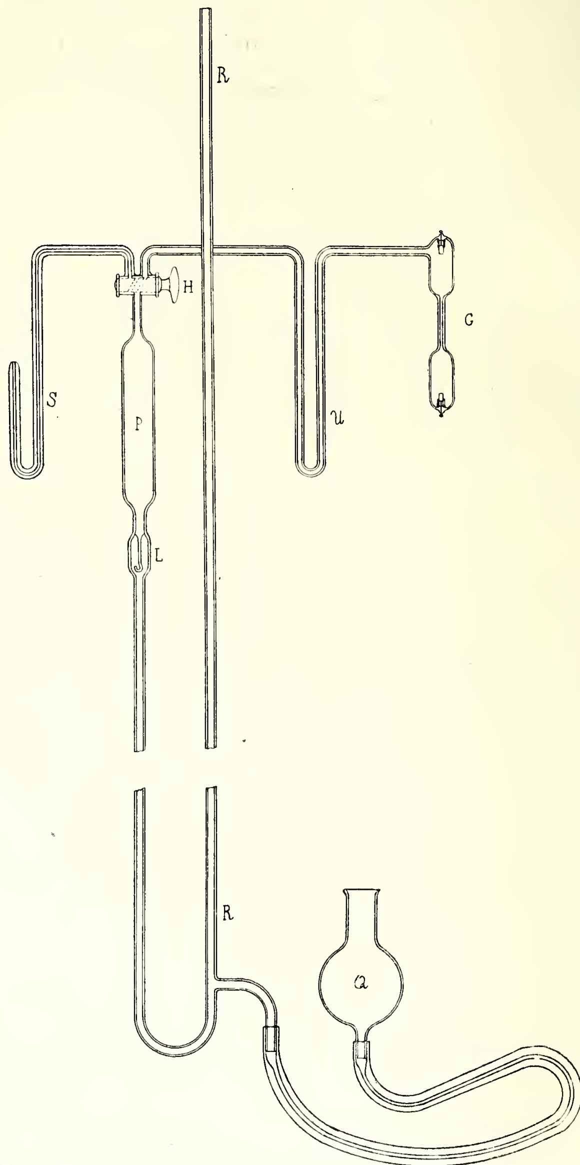


Fig. 62.

U-Rohr vor die eigentliche Vakuumvorrichtung (nach P. Ewers) zu setzen, ist bei allen feineren Untersuchungen sehr zu empfehlen, da Gummischläuche auf die Dauer nie vollkommen dicht halten; eintretende Luftbläschen gehen hier aber in dem offenen Schenkel in die Höhe und nur ganz gelegentlich wird beim Pumpen eine Luftblase mit in den anderen Schenkel hinüber gerissen, woselbst sie aber von der Falle *L* abgefangen wird. Außerdem erlaubt diese Einrichtung durch Schließen des offenen Schenkels von *R* beim Emporheben von *Q* Überdrucke hervorzubringen, was oft beim Arbeiten mit Gasen von Vorteil ist.

An die beiden oberen Schenkel des Hahnes *H* setzt man einerseits das zu evakuierende Gefäß an, etwa eine Geißlersche Röhre *G*, andererseits ein Einsaugerohr *S* für die zu untersuchenden Gasproben. Sind dieselben in einem Gefäße von der Form Fig. 18 über Quecksilber aufgefangen, so genügt es das oben napfförmig erweiterte, mit Quecksilber gefüllte, in einem Holzfuß befestigte Gefäß *T* (Fig. 64) von unten her gegen das Rohr *S* emporzuheben, bis dessen Ende unter das Quecksilber taucht, dann das mit dem Finger geschlossene Gefäß, Fig. 18, einzusetzen und nun *T* so weit wieder zu senken, daß das Ende von *S* in den gaserfüllten Teil des Glasgefäßes eintaucht. Dann kann man durch Senken des Quecksilbergefäßes *Q* und Öffnen des Hahnes *H* eine kleine Probe des Gases nach *P* hinein nehmen und von hier aus nach Umstellen von *H* und Heben von *Q* nach *G* hinübertreiben. Umgekehrt kann man auch die Gasprobe wieder zurückpumpen. (W. Ramsay und M. W. Travers).

2. Abhalten der Quecksilberdämpfe. — Bei allen sorgfältigen Vakuumuntersuchungen, insbesondere bei spektralen Prüfungen der Gase ist es unbedingt notwendig, die sehr störenden Quecksilberdämpfe, die sich von der Pumpe aus verbreiten, von dem Untersuchungsraume fern zu halten. Dies geschieht durch Zwischenschalten eines weiteren U-Rohres, welches mit echtem (also in konzentrierter Salpetersäure unlöslichem!) Blattschaumgold locker gefüllt ist. Die Hg-dämpfe schlagen sich auf dem Golde nieder, das dadurch amalgamiert wird. Bringt das Zwischenschalten eines größeren und längeren U-Rohres keine zu großen Nachteile bei den beabsichtigten

Versuchen mit sich, so kann man ein solches auch in der Mitte mit Stücken frisch zerschlagenen reinen Stangenschwefels füllen, auf den man beiderseitig reine blanke Kupferdrehspäne feststopft; der Schwefel absorbiert die Hg-dämpfe, das Kupfer die S-dämpfe.

Die genannten Absorptionsmittel halten die Hg-dämpfe auf, lassen aber die von Schliffen und Hähnen herrührenden Fettdämpfe, ferner gasige Produkte, die von eventuell verwendeten Gummidichtungen herrühren, oder sonstige Verunreinigungen des Gasinhaltes mit hindurch. Über alle diese wird man beim Studium tief siedender Gase durch Verwendung flüssiger Luft Herr. Schiebt man das mit flüssiger Luft gefüllte Vakuumgefäß, Fig. 34, von unten her vorsichtig gegen das dünnwandige U-Rohr *U* (Fig. 62) aus Biegerohr empor, so daß dieses schließlich bis zur Hälfte in der flüssigen Luft steht, so frieren hier alle die genannten Beimengungen und vor allem auch der Hg-dampf, sowie die letzten Spuren von Feuchtigkeit aus, so daß man weder Absorptions- noch Trockenmittel mehr braucht. Natürlich ist dieses rationellste Verfahren nur verwendbar bei Gasen, deren Kondensationspunkt unter dem der flüssigen Luft, siehe oben S. 65, liegt. Will man alle Gasreste aus einem Raum entfernen, so spült man mit CO_2, pumpt möglichst weit aus, und kondensiert die letzten Spuren mittels flüssiger Luft.

3. Einfache Sprengelpumpe (ohne Hahn). — Die Quecksilberpumpe, Fig. 62, hat den Nachteil, daß sie mit einem Hahn, der gefettet werden muß, versehen ist; soll der Gasinhalt nur mit Glas und Hg in Berührung kommen, so muß man jeden Hahn und Schliff vermeiden. Hahnlos sind z. B. die Pumpen vom Sprengelschen Typus, Fig. 63. Das weite Heberohr *H* wird verjüngt und umgebogen; oben wird das Rezipientenrohr *R* angesetzt, am verengten Ende unten das engere Fallrohr *FF*. An das weitere untere Ende von *H* ist ein mit Quetschhahn Q_1 versehener Gummischlauch angesetzt, der oben auf ein Glasrohr gezogen ist, welches durch den unteren Tubulus einer Wulffschen Flasche W_1 geführt ist. Eine zweite solche Flasche W_2 ist am unteren Ende des Fallrohres *F* aufgestellt, das hier luftdicht in W_2 eingesetzt ist und bis zum Boden hinabreicht. Die andere Öffnung von W_2

steht durch das Rohr *P* mit der Wasserstrahlpumpe in Verbindung; unten ist ein kurzes, umgebogenes, durch den Quetschhahn Q_2 geschlossenes Rohrstück eingesetzt. Das Ganze ist auf einem Holzbrett, das die beiden Flaschen auf kleinen Tischen trägt, montiert; die Fallröhre ist möglichst lang, jedenfalls länger als die Barometerhöhe beträgt, zu wählen; auch *H* hat möglichst Barometerlänge. Durch den ein Papierfilter mit feinen Öffnungen tragenden Trichter *T* wird Quecksilber eingegossen. Nun wird von *P* aus mittels der Wasserstrahlpumpe zunächst vorgepumpt und so viel Quecksilber durch *T* zugegossen, daß in *H* ein Barometerabschluß entsteht. Läßt man mehr Hg eintreten, so steigt dasselbe in *H* schließlich bis zum Niveau *S* empor; hier fällt es tropfenweise in der geneigten Röhre hinunter und tritt mit einer gewissen Geschwindigkeit in die Fallröhre *F* ein; jeder Tropfen schließt

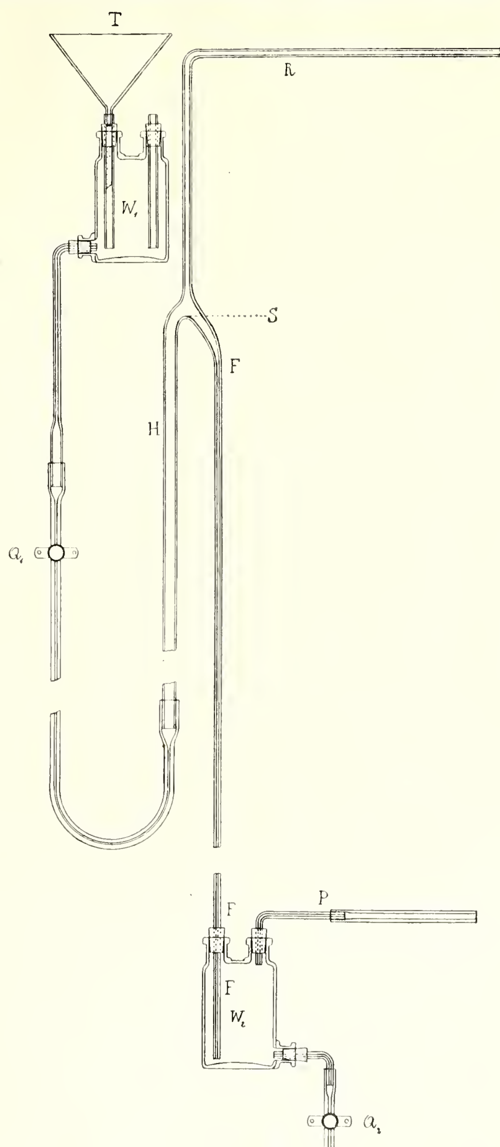


Fig. 63.

diese wie ein Stempel ab, und evakuiert daher bei seinem Fallen weiter. Bald sammelt sich in W_2 so viel Hg, daß auch hier ein Abschluß entsteht. Während die Wasserstrahlpumpe fortwährend weiter saugt, reguliert man den Quecksilberzufluß vermittelst Q_1 so, daß immer erst dann ein neuer Tropfen von S her in F eintritt, wenn der Vorhergehende unten angelangt ist. Dann arbeitet die Pumpe sehr rasch und man kommt bald zu den größten Verdünnungen. Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, daß der Apparat, einmal eingestellt, automatisch weiter arbeitet, so lange das Hg in W_1 ausreicht. Von Zeit zu Zeit läßt man Luft in W_2 eintreten, wobei das Hg selbsttätig einen Barometerverschluß in F herstellt und läßt Quecksilber durch Q_2 ab.

4. Apparat zur fraktionierten Destillation verflüssigter Gase. — Eine in neuerer Zeit nicht nur in der Technik, sondern auch im Laboratorium vielfach benutzte Methode zur Trennung von Gasgemischen besteht darin, daß man diese Gemische verflüssigt und nun ihre im allgemeinen durch verschiedene Dampfdrucke ausgezeichneten Komponenten bei derselben Temperatur unter verschiedenen Drucken, oder bei demselben Drucke durch Anwendung verschiedener Temperaturen getrennt zur Vergasung bringt und gesondert auffängt. Zur Verflüssigung kann bei Kohlenwasserstoffen Kohlensäureschnee mit Äther oder Alkohol angerührt dienen (— 80° C.). Wesentlich erleichtert werden diese Fraktionierungen durch die von der modernen Kälteindustrie in den Handel gebrachten überaus wirksamen Kältemittel, namentlich der flüssigen Luft. Diese selbst enthält neben Stickstoff und Sauerstoff die Gruppe der Edelgase in ziemlich angereicherter Menge. Um diese zu gewinnen haben Ramsay und Travers von der genannten Methode ausgiebigsten Gebrauch gemacht. Ziemlich leicht werden durch den etwa auch zur Demonstration dieses Verfahrens recht geeigneten Apparat Fig. 64 Edelgase (nach Entfernen des Sauerstoffs und Stickstoffs durch glühendes Kupfer und Magnesium oder Calcium aus den Verdampfungsrückständen verflüssigter Luft) gewonnen und voneinander getrennt.

An den unten mit Luftfalle L und Schlauch mit Quecksilberhebegefäß Q versehenen Zylinder P ist oben der Drei-

weghahn H_1 angeschmolzen, der P einerseits mit dem Saugrohr S, andererseits mit dem Fraktionierkölbchen K in Verbindung setzen läßt; das Ganze kann von rechts her ausgepumpt und hier durch den einfachen Hahn H_2 geschlossen werden.

Da der Apparat eigentlich nur eine vereinfachte Hahnenluftpumpe darstellt, so kann man ihn auch direkt durch Heben und Senken von Q bei geeignetem Umstellen von H_1 evakuieren, so daß H_2 überflüßig wird.

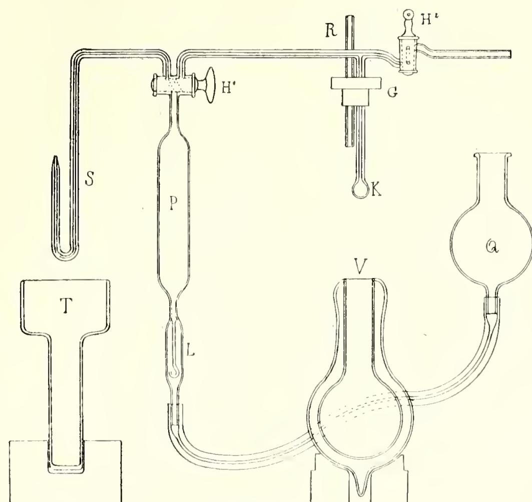


Fig. 64.

Gegen K wird das mit flüssiger Luft gefüllte doppelwandige Vakuumgefäß V emporgehoben, dessen Hals den unteren Teil des Gummistopfens G aufnimmt; derselbe wird auf das entsprechende Röhrchen geschoben, ehe man dessen Ende zur Kugel K aufbläst. Sein unteres Ende ist abgedreht*), so daß oben eine Gummiplatte übrig bleibt, die sich auf den Rand von V auflegt. Durch das Röhrchen R kann flüssige Luft nachgefüllt werden.

Will man die Temperatur noch mehr erniedrigen, so saugt man die Verdampfungsprodukte ab und läßt die Luft unter vermindertem Drucke sieden, wodurch man bis auf -211^0 kommen kann (um das Stoßen der siedenden Flüßigkeit zu vermeiden, legt man in dieselbe einige kurze dünne Drahtstückchen). Hierbei bietet die genannte Stopfenform den Vorteil, daß ein dichter Abschluß erzielt wird (namentlich, wenn man die Dichtungsfugen etwas fettet, oder mit Glycerin bestreicht), ohne daß

*) Man kann Stopfen aus dem weichen roten (Para-)Gummi auf der Drehbank leicht bearbeiten und in die verschiedensten Formen bringen. Durch einen scharfen Schneidestahl lassen sich größere Partien wegnehmen und die Flächen mit einem auf ein Holz geleimten Streifen Sand- und Schmirgelpapier glätten und schleifen.

der Stopfen durch den äußeren Überdruck in den Hals von *V* hineingepreßt wird.

Das Gasgemisch ist über Quecksilber in Röhren von der Form Fig. 18 aufbewahrt und wird wie S. 101 geschildert in *P* eingesaugt und nach *K* hinübergetrieben, wo es sich zum Teil verflüssigt. Die flüchtigsten Bestandteile (Helium und Neon) bleiben gasförmig und werden zuerst in besonderen Röhren, Fig. 18, abgesondert; bei relativ hohem Drucke wird Argon frei, bei tieferen Krypton und Xenon; die nie zu vermeidenden Verunreinigungen bleiben schließlich allein zurück. Die Trennung ist zunächst keine vollkommene, durch Wiederholung der genannten einfachen Manipulation kann man sie aber immer weiter treiben.

Anhang.

Wir beschreiben noch anhangsweise eine Reihe von Manipulationen, die zwar nicht in direkter Beziehung zum Glasblasen selbst stehen, die aber doch beim Arbeiten mit Glas und bei dem Gebrauche von Glasapparaten von Wichtigkeit sind.

1. Ätzen auf Glas. — Man trägt auf die zu ätzenden Glasteile guten, in Terpentinöl gelösten Asphaltlack mit dem Pinsel ein- oder zweimal auf, läßt trocknen und ritzt die einzuzeichnenden Linien ein. Oder man überzieht die etwas angewärmte Glasfläche mit einem dünnen, gleichmäßigen Wachsüberzuge, in den man die einzuätzenden Striche, Zahlen und Buchstaben einritzt. Dann trägt man ebenfalls mit dem Pinsel konzentrierte Flußsäure auf, wäscht mit Wasser ab, trocknet mit Fließpapier und setzt nun erst das Glas Dämpfen von Fluorammonium aus. Dazu verwendet man ein Gemisch von Fluorammonium, salpetersaurem Ammon, Schwefelsäure und destilliertem Wasser, das man fertig in Guttaperchaflaschen kaufen kann. Dann wischt man ab und reinigt das Glas mit Terpentinöl. Die so erhaltene Ätzung ist matt und das Verfahren umgeht die Anwendung der lästigen Flußsäuredämpfe (Kiß).

Eine andere Glasätzflüssigkeit stellt man in folgender Weise her: In $^1/_2$ l destilliertem Wasser werden gelöst: 1) 36 g

Fluornatrium und hierzu 7 g Kaliumsulfat zugesetzt; 2) 14 g Chlorzink und 65 g konzentrierte Salzsäure zugegossen. Beide Lösungen können in gewöhnlichen Glasflaschen aufbewahrt werden. Man mischt gleiche Teile von 1) und 2) und tut einige Tropfen chinesischer Tusche dazu, um die Schrift gut sehen zu können. Zum Mischen nimmt man am besten einen ausgehöhlten Paraffinklotz. Mit der beschriebenen Flüssigkeit kann man die feinsten Haarstriche auf Glas ätzen.*)

2. Graduieren und Kalibrieren von Röhren. — Um eine Röhre mit einer Skala zu versehen, bekleidet man sie mit einem möglichst gleichmäßigen Wachsüberzug, ritzt die Skalenteile in die Wachsschicht und ätzt die Striche ein.

a) Graduierung nach beliebigem Längenwert. — Handelt es sich nur darum, eine bestimmte Rohrlänge in eine bestimmte Anzahl gleicher Teile zu teilen, so überträgt man die Skala von einem Winkellineal, Fig. 65, welches aus zwei um ein Scharnier *E* drehbaren Linealen *EC* und *ED* besteht; der Schenkel *EC* ist in eine gewisse Anzahl gleicher Teile geteilt, die Teilstriche gehen an der inneren Kante desselben herunter. Soll damit eine gegebene Strecke *AB* z. B. in 9 gleiche Teile geteilt werden, so legt man sie derart in den Winkelraum *CED*, daß ein Ende an *EC*, und zwar am Teilstriche 9 anliegt, der andere Endpunkt *B* aber an irgend einem Punkte von *ED*. Alle mit der inneren Kante von *ED* parallel durch die einzelnen äquidistanten Punkte auf *EC* gezogenen Linien schneiden dann auf *AB* gleiche Stücke aus.

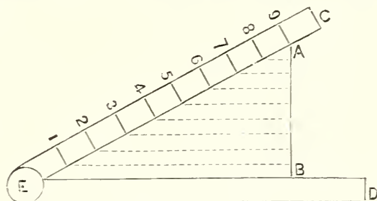


Fig. 65.

Statt diese Parallellinien wirklich zu ziehen, läßt man den Schenkel *ED* an der Kante eines dritten festliegenden Lineals hingleiten. Man öffnet den Winkelraum *CED* so weit, daß der andere Endpunkt mit der Ziffer auf *EC* zusammenfällt, welche anzeigt, in wie viel gleiche Teile die Strecke zu teilen ist, klemmt bei *E* fest und schiebt nun den Winkel *CED* an dem Lineale in Richtung des Pfeiles vor-

*) Zeitschr. f. phys. und chem. Unterricht (1894) 7, p. 304.

wärts; jedesmal, wenn ein neuer Teilstrich an die zu teilende Strecke kommt, macht man auf dieser einen Ritz in den Wachsüberzug.

b) Graduierung nach bestimmtem Längenwert. — Sollen die Skalenteile eine bestimmte Länge haben, z. B. Zentimeter oder Millimeter, so muß die Skala einem gegebenen Maßstabe entnommen werden. Zur Übertragung verwendet man verschiedene Vorrichtungen.

α) Skalenübertragung mittels Stangenzirkels. — Das zu graduierende Rohr *B* und die zu kopierende Skala *A*, Fig. 66, werden in eine in ein Brett eingeschnittene Rinne eingelassen und durch Messingfedern darin festgehalten. Der

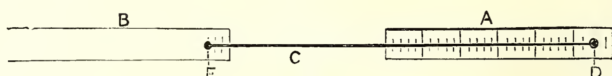


Fig. 66.

Holzstab *C* hat bei *D* eine Spitze, bei *E* eine senkrecht zur Stabrichtung befestigte Schneide. *D* wird der Reihe nach auf die einzelnen Skalenteile eingestellt; mit der Schneide *E* macht man den entsprechenden Ritz in den Wachsüberzug.

β) Skalenübertragung mittels Schiebers. — Längs der Doppelskala *ABBA*, Fig. 67, wird das dreieckige, nicht zu schwache Blech *DLL* verschoben, welches durch die zu *LL* senkrechte Leiste *DD* (siehe die Nebenfigur 2, wo dasselbe von unten gesehen in verkleinertem Maßstabe gezeichnet ist) an der Kante *A* Führung erhält. Durch die beiden von dem Rande *LL* gleichweit abstehenden Löcher *G*, *G* sind zwei Schrauben eingelassen, die mit zwei nach unten etwas hervorstehenden Spitzen in die Millimeterteilungen des Maßstabes eingreifen. Die Röhre *HH* wird an den Maßstab gelegt, die Striche werden durch einen an *LL* entlang geführten Griffel eingeritzt (Ramsay).

γ) Skalenübertragung mittels Teilmaschine. — Am sichersten teilt man die Röhre unter der Teilmaschine. Durch Drehen einer Schraube von sehr gleichförmiger Ganghöhe wird ein Schlitten mit Reißwerk um bestimmte Strecken verschoben. Ist die Ganghöhe der Schraube bekannt, so kann man bei entsprechenden gleichen Winkeldrehungen derselben mit dem Reißer genau äquidistante Striche von bestimmtem Teilwert einritzen.

c) Graduierungen nach Volumenwerten (Kalibrieren von Meßröhren). — Vielfach, z. B. bei Eudiometern, will man an der Skala direkt die Volumina ablesen;

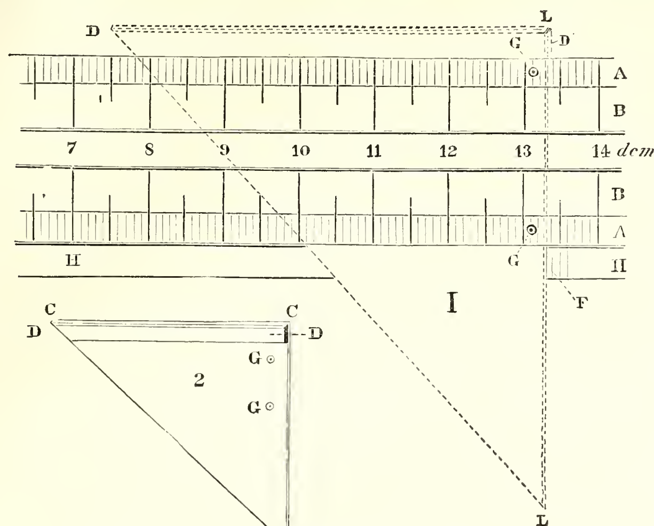


Fig. 67.

man teilt die Röhre dann durch Striche ab, welche gleiche Raumteile, etwa Kubikzentimeter, des Lumens der Röhre bezeichnen. Dieselben sind nur dann auch äquidistant, wenn die Röhre „kalibrisch“, d. h. überall von demselben Querschnitt ist. Man füllt aus einem Meßfläschchen gleiche Flüssigkeitsvolumina ein, deren absoluten Wert man durch Auswägen bestimmt. Dazu schließt man eine nicht zu weite Glasröhre an einem Ende, schneidet sie soweit ab, daß das erhaltene Zylinderchen etwa soviel Quecksilber*) faßt, als das Volumen, welches die Einheit bilden soll, beträgt, und schleift den Rand so weit glatt ab, daß das Röhrchen durch eine aufgelegte Glasplatte völlig dicht abgeschlossen wird und genau das entsprechende Volumen faßt. Die Luftblasen, die beim Füllen mit Quecksilber an den Wänden haften, spült man dadurch weg, daß man eine größere Luftblase, die man beim Schließen mit dem Finger erhält, wenn das Gefäß noch nicht völlig

*) Das spezifische Gewicht des Quecksilbers, d. h. das Gewicht eines Kubikzentimeters, ist bei 18° C. s = 13,552 grGew./cm³.

gefüllt war, durch Neigen des Röhrchens an den Wänden hingleiten läßt; die große Blase nimmt dann alle kleinen in sich auf. Dann füllt man vollständig, beseitigt die hierbei noch auftretenden Luftblasen und entfernt das in einer Kuppe überstehende Quecksilber dadurch, daß man eine Glasplatte vorsichtig auf den Rand aufschiebt; durch Anpressen entfernt man jeden Überschuß an Quecksilber.

Die zu kalibrierende Meßröhre wird in vertikaler Stellung befestigt und die kleine Röhre in die große Meßröhre entleert; in Höhe der Quecksilberkuppe wird der Wachsüberzug geritzt.

Dasselbe Verfahren wendet man an bei Röhren, die mit Längsteilungen versehen sind, wenn man den Volumenwert eines Skalenteiles ermitteln will, oder um sich von der Gleichförmigkeit des Querschnittes zu überzeugen („Kalibrieren").

Um beim Ablesen des Standes der Quecksilberkuppen keine Fehler zu begehen durch schräges Anvisieren („Parallaxenfehler"), legt man von rückwärts ein Stück Spiegelglas an die Röhre an und bringt das Auge in eine solche Höhe, daß das Spiegelbild der Pupille gerade von der Quecksilberoberfläche in zwei Teile geteilt wird. Durch Auswägen mit Quecksilber bestimmt man auch das Volumen anderer Meßgefäße, z. B. das von Büretten.

Eine Thermometerröhre kalibriert man, indem man einen Quecksilberfaden von 2—4 cm Länge von der Hauptmasse des Quecksilbers loslöst und diesen von Punkt zu Punkt auf der ganzen Länge der Röhre durch Klopfen verschiebt; man notiert seine Länge in Skalenteilen an jeder Stelle, bei dem Ablesen darauf achtend, daß man immer senkrecht mit dem Auge über dem Teilstrich sich befindet, wo man gerade abliest (daselbst zeigen die Striche der Skala keine Biegung, wenn das Auge richtig steht). Verengt sich das Kapillarrohr an einer Stelle, so erscheint das Fadenstück länger, im umgekehrten Falle kürzer als im Mittel.

Korrektion wegen Rundung der Quecksilberkuppe. — Hat man eine Meßröhre z. B. zum Auffangen von Gasen über Quecksilber in der angegebenen Weise kalibiert, so muß man das abgelesene Gasvolumen bei mäßig weiten Zylindern noch wegen der Krümmung der Quecksilberkuppe um einen kleinen Betrag vermehren. Da das geschlossene

Ende der Röhre nach unten gekehrt war, als das abgemessene Volumen Quecksilber eingeführt wurde, so ist das Volumen des Quecksilbers, wenn dieses die Röhre bis zum Teilstriche *l* (Fig. 68) füllt, durch den Raum *A* in 1 repräsentiert. Aber bei der darauf folgenden Messung eines Gasvolumens über Quecksilber in derselben Röhre ist das Volumen des Gases, wenn die Quecksilberkuppe wieder beim Teilstriche *l* steht, durch *B* in 2 dargestellt, ein Raum, der größer ist als *A* in 1, und zwar größer um den Betrag des Inhaltes zwischen den beiden Kugelausschnitten, die durch *a* und *b* in 3 angedeutet sind.

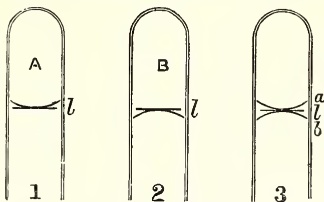


Fig. 68.

Um diese Korrektion zu bestimmen, stellt man die Meßröhre aufrecht, mit der Mündung nach oben, gießt etwas Quecksilber ein, entfernt alle Luftblasen und liest den Stand der Kuppe so genau wie möglich ab. Dann gießt man auf das Quecksilber einige Tropfen von Quecksilberchloridlösung; dadurch ändert das Quecksilber seine kapillaren Eigenschaften in Bezug auf das Glas, die Kuppe ebnet sich ein. Man liest wieder ab. Der doppelte Betrag der Differenz zwischen den beiden Ablesungen ist die genannte Korrektion.

3. Herstellung der feinsten Glas- und Quarzfäden. — Die bekannte und mannigfach verwendete Glaswolle wird dadurch erhalten, daß man einen Glasstab an einem Ende heiß macht, mit ihm den Mantel einer großen um eine horizontale Achse drehbaren Trommel berührt, das Glas festhaften läßt, auszieht und den Glasstab dicht an die Stichflamme haltend, die Trommel in rasche Umdrehungen versetzt; man kann auf diese Weise von einem kleinen Glasstabe ungeheure Längen eines außerordentlich dünnen Fadens abziehen und aufwinden. Dieser abgesponnene Glasfaden besitzt aber noch nicht den höchsten Grad von Feinheit. Um diese zu erreichen, muß man die Geschwindigkeit des Abziehens noch steigern und dabei so wenig Glas wie möglich auf einmal heiß machen. An dem Blastische wird dazu eine Armbrust aus Fichtenholz so befestigt, daß ihr eine möglichst große Wurfweite zur Verfügung steht; an den Drücker derselben ist ein an dem Boden befestigter Faden angebunden, so daß die Armbrust mit dem

Fuße losgedrückt werden kann. Man fertigt sich kleine nur wenige Zentimeter lange Pfeile von Stroh, die vorn mit einer Nadel als Spitze versehen sind. Nun wird ein Stück Glasstab zunächst mit der Hand in der gewöhnlichen Weise ausgezogen; die beiden dicken Enden werden abgeschnitten. Von dem so entstandenen Glasfaden wird ein Ende mittels Klebwachs an dem Ende des auf der Armbrust liegenden Strohpfeiles festgekittet; das andere Ende hält man mit der Hand fest und richtet nun die Stichflamme der Gebläseflamme gegen die mittlere Partie des Fadens. In dem Momente, wo diese erweicht, drückt man mit dem Fuße los; der Pfeil fliegt fort und zieht das Glas zu einem äußerst feinen Faden von völlig gleichmäßiger Dicke aus (Boys).

Verwendet man ein Sauerstoff-Wasserstoffgebläse, so kann man damit Quarz schmelzen und auf die beschriebene Art feinste Quarzfäden herstellen.

Diese Quarzfäden finden eine große Anwendung bei allen Aufhängungen von Ablesespiegeln bei den feinsten Magnetometern, Galvanometern, Elektrometern usw. an Stelle der bis jetzt verwendeten Kokonfäden oder feinen Silberdrähte. Sie haben vor diesen namentlich den Vorzug voraus, daß sie fast keine elastische Nachwirkung zeigen und bei der gleichen Empfindlichkeit des Instrumentes viel kürzer (wenige cm lang) gewählt werden können. Als Fäden in Fadenmikrometern haben sie vor den bisher verwendeten Spinnefäden den Vorzug größerer Feinheit und vollständiger Unabhängigkeit von den Feuchtigkeitszuständen der Luft. Auch als Objekte zur Prüfung der Sehschärfe eines Mikroskopes finden diese feinsten Fäden Verwendung.

Man kann diese Fäden auch versilbern und dadurch elektrisch leitend machen, wobei die Suspension freilich einen Teil ihrer Empfindlichkeit einbüßt. In vielen Fällen genügt es, den gut gereinigten Faden erst einige Male in eine verdünnte, dann in eine konzentrierte Chlorcalciumlösung zu tauchen, um ihn für längere Zeit leitend zu erhalten, da das auf demselben sich absetzende äußerst hygroskopische Salz den Faden dauernd feucht hält. (Dolezalek).

Alphabetisches Register.

Abdrehen und Abschmirgeln von Gummistopfen 105.
Absorption von Schwefeldämpfen durch Kupfer 102.
— von Quecksilberdämpfen durch Gold 101.
— — durch Schwefel 102.
Absorptionsröhren, Anfertigung derselben 36.
Abspinnen von Glasfäden 111.
Absprengen von Röhren 21.
Absprengen mittels einer Flamme 21.
— — eines Glastropfens 22.
— — Sprengkohle 22.
— — heißen Glasfadens 23.
— — Drahthakens 23.
— — brennenden Fadens 24.
— — galvan. glühenden Drahtes 24.
— — Papierwulstes 24.
Altmann, Berlin 5.
Aluminiumbleche als Elektroden 73.
Aneinanderschmelzen von Röhren 52.
— von verschieden weiten Röhren 55.
Aneinandersetzen großer Apparatteile 77.
Anode einer Röntgenröhre, mit der Antikathode verbunden 89.
Ansatzröhre als Handhabe beim Glasblasen 45.
Anschweißen eines Platindrahtes an ein Platinblech 84.
Ansetzen, seitliches von Röhren 57.
— einer Biegeröhre an eine Glaskugel oder einen Glaskolben 58.
Antikathode einer Röntgenröhre 89.
Anwärmen von Glas 31.
Apparat zur fraktionierten Destillation verflüssigter Gase 104.
Argon 106.
Armbrust zum Abschießen von Glas- und Quarzfäden 111.
Ätzen auf Glas 106.
Aufblasen von Glaskugeln 47.
— kleinerer Kugeln 47.
— größerer Kugeln 48.
— einer Kugel in der Mitte einer Röhre 47.
— von Kolben 47.
— von Kugeln in Kapillaren 48.
— einer Kugel am Ende einer weiteren Röhre 48.
Auffanggläschen für Gase, Anfertigen derselben 46.
— Gebrauch derselben bei der fraktionierten Destillation von Gasen 46.
Aufhängefäden aus Quarz, Herstellung derselben 112.
Aufkitten von Glasfenstern auf Röhren 36.
Aufreiber 11.
Aufweiten von Röhrenenden 11. 35.
Ausdehnungskoeffizient von Glas und Platin 75.
Ausfrieren von Gasverunreinigungen in flüssiger Luft 67.
Ausfriertaschen zum Reinigen von Gasen 65.
Auskochen von mit Quecksilber gefüllten Röhren 46.
Auswechselbare Elektroden für Gasentladungen 73.
Ausziehen von Röhren 42.
Automatisches Gebläse 7.

Balken zur Montierung ausgedehnter Apparatanordnungen 80.
Barometerröhren 15.
Bauer, Carl, München 5.
Benzol zum Reinigen von Hähnen und Schliffen 91.
Besenflamme 29.
Biegen von Röhren 25.
— weiter Röhren 62.

Biegeröhren 15.
Blasebalg, einfacher 6.
Blaseröhren 15.
Blattschaumgold, Prüfung auf Echtheit 101.
Bleiglas 13.
Bodenluftemanation, Vorrichtung zur Kondensation derselben 57.
Böhmisches Glas 14.
Börteln von Röhrenenden 35.
Boys 112.
Brauseflamme 29.
Brechen von Röhren 20.
Bunsenbrenner 11.
— aus Glas nach Ebert, Anfertigung derselben 60.

Carborundumfeile 10.
Centrifugalgebläse 8.
Cettischer Hahn 94.
Chemische Probe der Gläser 17.
Clarksche Normalelemente, Elektroden derselben 74.
Chlorcalciumlösung zum Leitendmachen von Quarzfäden 112.
Cornu 98.

D'Arsonval 65.
Desaga, Heidelberg 5.
Dewar 65.
Dewargefäße, sog. 65.
Dolezalek 112.
Doppellötungen 64.
Drahthaken zum Absprengen von Glasröhren 23.
Dreiweghähne 95.
Druckluft 8.
Druckreduzierventil 8.
Durchbohren von Glasplatten mit der Feile bei Anwendung von Kampfer-Terpentinöllösung 82.

Edelgase, Arbeiten mit denselben 96.
— Gewinnung derselben aus flüssiger Luft 104.
Eiloartscher Hahn 94.
Einebnung von Quecksilberkuppen durch Quecksilberchlorid 111.
Einkitten von Elektroden 71.
Einpolige Tesla-Glühlampe, Herstellung derselben 88.
Einsaugrohr für Gasproben 101.
Einschmelzglas 14. 29.
— Einschmelzen von Elektroden mittels desselben 75.
Einschmelzen einer Röhre in eine Kugel 69.
— von Platindrähten mittels Einschmelzglas 75.
— ohne Einschmelzglas 72.
Einschmelzröhren, Zuschmelzen derselben 43.
Eisenblechspatel zum Umlegen von Röhrenenden 11. 35.
Elastische Nachwirkung, die geringe der Quarzfäden 112.
Elektrisches Wechselfeld, Leuchterscheinungen in diesem 85.
Elektroden aus Aluminium 77.
— direkt in die Glaswand einzuschmelzende 73.
— eingehüllte, gegen das Zerstäuben gesicherte Platinel. 76.
— Einkitten von 71.
— Einsetzen von 71.
— gestielte 73.
— mit geschützten Zuleitungen 74.
Elektrodeneinschmelzen (Heerwagens vereinfachtes Verfahren) 74.
Elektrodenlose Vakuumräume und Vakuumröhren, Herstellung derselben 85.
Elektrodenschutzkappen aus Messing 77.
Elektrolytischer Apparat nach A. W. von Hofmann, Herstellung desselben 83.
— Wasserstoff, Apparat zur Gewinnung desselben 98.
Elektrolytische Zersetzungszelle 71.
Emailleglas 14. 29.
— sein Ausdehnungskoeffizient im Vergleich zu dem des Platin 75.
Emanation radioaktiver Körper, Kondensation derselben 67.
— radioaktivierende, Anfertigung einer Vorrichtung zu ihrer Kondensation 56.
Entfernen aller Gasreste aus einem Vakuumraume mittels CO_2 102.
— von Hg-dämpfen durch Ausfrieren 102.
— von Luftblasen aus einer mit Hg gefüllten Röhre 109.
Entglasen 13. 16.
Entladungsröhren mit äußeren Belegen 85.
Entladungsröhren mit gerader Durchsicht 87.

Eosinprobe zur Prüfung von Gläsern 17.
Erweitern von Röhren in der Mitte 52.
Eudiometer, Graduierung desselben 109.
— Herstellung desselben 77.
Ewers, P. 97. 101.

Fadenmikrometer mit Quarzfäden 112.
Fallrohr einer Sprengelschen Hg-Pumpe 102.
Federnde Rohrbiegungen zwischen großen Apparatteilen 78. 79.
Fettung von Schliffen und Hähnen 91. 93.
Feuersteinmesser zum Glasritzen 10.
Fischer, K. 66.
Fischschwanzbrenner 11. 25.
Flammenfärbung mittels zerstäubter Metallsalzlösungen 60.
— Platindrähte in Glasröhrchen eingeschmolzen zur 72.
— durch Salze in Platinlöffelchen 84.
Flintglas 13.
Fluorammonium zum Ätzen auf Glas 106.
Fluorescenzröhren, Anfertigung derselben 36.
Fortsätze, seitliche an Schliffen 90.
Fraktionierkölbchen für flüssige Luft 105.
Fraktionierung verflüssigter Gase 104.
Flüssige Luft, Ausfrieren von Gasverunreinigungen in dieser 67.
— als Kältemittel 104.
— als Mittel zur Gewinnung der Edelgase 104. 105.
— Temperatur derselben 65.
— zum Ausfrieren von Hg-dämpfen und Verunreinigungen 102.
Flußsäure zum Ätzen auf Glas 106.
Fulguratoren, Anfertigen derselben 75.
Funkenspektra der Metalle im Fulgurator 75.
Funkentelegraphische Anordnungen, Leuchterscheinungen bei denselben 85.
Fußblasebalg 6.

Garykpumpen 99.
Gasentbindungsrohr an Verbrennungsröhren 43.
Gasentladungen, Gefäße für 72.
Gasentwickelungsapparat durch Quecksilberabschluß geschlossen 96.
Gase, verdünnte, unter der Wirkung elektrischer Entladungen 84.
Gasgebläselampe, einfache Form 2.
— gewöhnliche Form 4.
— mit gleichzeitiger Regulierung von Gas und Luft 5.
Gaslötrohr mit Regulierhahn 5.
— zum Zusammenstellen komplizierter Apparatverbindungen 80.
Gasolin 2.
Gassiotsche Röhren, Anfertigen derselben 85.
Gasverbindungsstücke, Anfertigen derselben 56.
Gebläse 6.
Gebläselampen 1.
Geißler 86.
Geißlersche Röhren, Anfertigen derselben 85.
— einfache mit eingekitteten Elektroden 86.
— einfache mit eingeschmolzenen Elektroden 86.
— mit gerader Durchsicht 86.
— Einsetzen der Elektroden, einfaches Verfahren 74.
— kompliziertere Form 87.
Gerhardt, C., Bonn 20.
Gestielte Elektroden 73.
Gewinnung der Edelgase, Demonstrationsapparat hierzu 104.
Gimminghamscher Hahn 94.
Glasätzflüssigkeiten 106.
Glasblasetisch 9.
Glasbunsenbrenner nach Ebert 60.
Glaseimerchen, Herstellung derselben 37.
Glasfäden, Herstellung derselb. 111.
Glasfeder nach Kundt und Warburg 80.
Glasfenster, Aufkitten derselben auf Röhren 36.
Glashähne, Anfertigen derselben 93.
Glasmesser 10.
Glasstäbe 16.
Glasstopfen, Anfertigen derselben 81.
Glaswolle, Herstellung derselben 111.
Glycerin zum Abdichten von Quecksilber 92.
— mit Zucker als Schmiermittel von Hähnen 91.

Glycerin zur Dichtung von Gummistopfen 105.
Gold, Blattschaumgold, Prüfung auf Echtheit 101.
Goldröhre zum Absorbieren von Quecksilberdämpfen 101.
Gouy 60.
Gouy-Zerstäuber zur Flammenfärbung 60.
Goetze, Leipzig 15.
Graduieren von Röhren, nach beliebigem Längenwert 107.
— nach bestimmt. Längenwert 108.
— nach Volumenwerten 109.
Graphit zum Einreiben von Dichtungsflächen 96.
Große Flamme eines Gebläses 30.
Gummigebläse zum Aufblasen von Röhren 38. 55.
Gummikitt 91.
Gummistopfen, Abdrehen und Abschleifen derselben 105.
Gypsformen für Schliffe 90.

Hähne, einfache, Anfertigen derselben 93.
— mit Porzellanküken 96.
— mit Quecksilberdichtung 94.
— mit schräger Durchbohrung 94.
Hahnlose (Sprengel-) Quecksilberluftpumpe, Anfertigen derselben 102.
Härtegrad, veränderlicher einer Röntgenröhre 88.
Heberbarometer, Herstellung desselben 46.
Heberohr der Sprengel-Pumpe 102.
Heerwagen, F. 57. 74.
Helium 106.
Hertzsche Schwingungen 85.
H-Form der Normalelemente 75.
Hochfrequenzströme 84. 85.
Hofmann, A. W. von 83.
Hugershoff, Leipzig 10.

Induktorium zum Betriebe einer Röntgenröhre 89.
Ineinanderschmelzen zweier Röhren 65.
Isolierband zum Dichten von Schlauchverbindungen 81.

Jenenser Normalglas 14.

Kahlbaum, W. A. 93. 95. 96.
Kahlbaumscher Hahn 95.
Kahlbaumscher Schliff 93.
Kalibrieren von Röhren 107. 109. 110.
Kalibrische Röhren 109.
Kaliglas 14.
Kampher zum Schleifen und Bohren von Glas 82.
Kapillarelektrometer, die Elektroden desselben 74.
Kapillarröhren 15.
— direktes Zusammenschmelzen derselben 79.
Karbonisierte Luft 2.
Kathode einer Röntgenröhre mit veränderlichem Härtegrade 89.
Kathodenerscheinungen in einpoligen Tesla-Glühlampen 88.
Kathodenvakuum, Herstellung desselben mittels ölgedichteter Pumpen 99.
Kiß 106.
Knallgasvoltameter, Herstellung desselben 83.
Kohlenkonusse zum Ausweiten von Röhrenenden 11.
Kohlensäureschnee als Kühlmittel 104.
Kolbengebläse 8.
Konaxiales Zusammenschmelzen von Röhren, Allgemeines 52
— gleichen Durchmessers 53.
— von Biegeröhren 53.
— — Blaseröhren 54.
— — sehr engen Röhren 54.
— — Kapillarröhren 55.
Kondensationspunkt der Luft 65.
Kondensation von radioaktiven Emanationen, Anfertigung einer Vorrichtung dazu 56.
Kondensatorerscheinungen, oscillatorische für Leuchtzwecke 85.
Konusse für Schlauchverbindungen, Herstellung derselben 42.
Korrektion wegen Rundung der Hg-Kuppe bei Meßröhren 110.
Kramer, C., Freiburg i. B. 95.
Krypton 106.
Kugel, leuchtende im Hochfrequenzfelde 85.
Kugelförmige Erweiterungen in Kapillaren 48.
Kugeln am Ende von Röhren, Aufblasen derselben 37.
Kugeltrichter, Anfertigung kleinerer 38.
— Anfertigung grösserer 51.
Kühlen heißen Glases 32.

Kundt 80.
Kundt-Warburgsche Glasfeder 80.

Leibolds E. Nachfolger, Köln 95.
Leichte Flamme 29.
Leitende Quarzfäden nach Dolezalek 112.
Leuchten gasverdünnter Räume 85.
Leuchtröhren, elektrodenlose 85.
Leuchtschirm zur Prüfung des Härtegrades einer Röntgenröhre 89.
Lötpistole 5.
— Aneinanderschmelzen großer, unhandlicher Apparatteile mittels derselben 78, 79.
Luftblasen, Entfernen derselben aus einer mit Hg gefüllten Röhre 109.
Luftfallen, Anfertigen derselben 70, 97, 98.
— Verwendung derselben bei Quecksilberabschlüssen 97.
— — Luftpumpen 100.
— — Fraktionsapparaten für verflüssigte Gase 104.

Manometer, Herstellung derselben 46.
Manometerröhren 15.
Mariottesche Flasche 60.
Meßfläschchen zum Calibrieren von Meßröhren 109.
Messingkappen zum Schutze von Elektroden 77.
Metallspektra mittels Fulgurators erzeugt 75.
Milde Flamme 29.
Mitscherlichsche Gebläselampe 2.

Nachschleifen von Glasstopfen 83.
— — Hähnen 93.
Napfschliffe 92.
Natronglas 13.
Neon 106.
Niedrige Temperaturen, Erzielen derselben durch Kohlensäureschnee 104.
— durch flüssige Luft 65, 104.
— durch Sieden flüssiger Luft bei niederem Drucke 105.
Normalelemente, Anschmelzen der Elektroden 74.
— Herstellung derselben 74.
— H-Type 75.
Normalglas, Jenenser 14.

Oberflächenspannung des erweichten Glases 37.
Objekte zur Prüfung von Mikroskopen (Quarzfäden) 112.
Öffnen von Röhren 39.
Ölgebläselampe 2.
Oscillatorische Kondensatorentladungen, Benutzung zu Leuchterscheinungen 85.
Oxydierender Teil der Flamme 29.
Ozon, Gefäß zu seiner Kondensation 57.
Ozonröhre, Anfertigen einer solchen 67.

Papierfilter mit Öffnungen zum Reinigen von Quecksilber 103.
Paraffinklotz zum Mischen von Glasätzflüssigkeiten 107.
Parallaxenfehler, Vermeidung derselben mittels Spiegel 110.
Phosphorescenzlampe (nach H. Ebert) Anfertigung derselben 70.
Phosphorpentoxyd als Schmiermittel von Hähnen 91.
Platinbleche zum Einbringen von Salzen in Flammen 84.
Platindrähte in Glasröhrchen eingeschmolzen (zur Flammenfärbung) 72.
Platinelektroden 72.
Platinlöffelchen, Herstellung derselben 84.
Präparatgläschen, Anfertigung derselben 38.
Preßluft mit höherem Sauerstoffgehalte 8.
Probierröhren, Anfertigen derselben 46.
Prüfung einer Glassorte 16.

Quarzfäden, Herstellung derselben 111, 112.
— als Objekt zur Prüfung von Mikroskopen 112.
— Versilberung und Leitendmachen derselben 112.
Quecksilberabschlüsse, einfache Form 96.
Quecksilberbecher zum Dichten von Schlauchverbindungen:
— horizontal zu stellende 81.
— vertikal zu stellende 80.
Quecksilberchloridlösung zum Einebnen von Quecksilberkuppen 111.

Quecksilberdichtungen bei Schlauchverbindungen 80.
— von Schliffen 80, 90.
Quecksilberhebegefäße bei Quecksilberabschlüssen 97.
— — Quecksilberpumpen 100, 104.
Quecksilberkuppe, Korrektion wegen Rundung derselben bei Meßröhren 110.
Quecksilberluftpumpe, einfache mit Hahn, Anfertigung derselben 99, 105.
— ohne Hahn (Sprengelpumpe) 102.
Quecksilbernäpfchen für Elektrodenzuleitungen 72.
Quecksilber, specif. Gew. desselben 109.
Quecksilbertropfglas, Anfertigung desselben 57.
Querstücke an Schliffen nach E. Wiedemann 91.

Radioaktive Emanation, Vorrichtung zu ihrer Kondensation 56.
Radioaktive Körper 66.
Radiogramm 89.
Radium, Vorrichtung zur Kondensation seiner Emanation 57.
Ramsay, W. 101, 104, 108.
Rändern von Röhrenenden 35.
Reagenzröhren, Anfertigen derselben 46.
Reduzierender Teil der Flamme 29.
Regale für Glasröhren 13.
Reinigen von Röhren 18.
Reiniger, Gebbert u. Schall, Erlangen 89.
Reißwerk der Teilmaschine 108.
Rezipientenrohr von Hg-Pumpen 102.
Richardson, A. 61.
Risse, Schließen derselben durch Auftupfen von Glas 79.
Ritzen von Röhren 20.
Röhrenständer 13.
Röntgenröhre mit veränderlichem Härtegrade, Anfertigen derselben 88.
Rubinglas 75.
Rückflußkühler, Anfertigung desselben 64.
Runden von Röhrenenden 34.
Rundung der Hg-Kuppe, Korrektion wegen dieser 110.
Rußende Flamme zum Biegen von Röhren 25.
— zum Kühlen 31.

Sand zum Füllen der Röhren beim Biegen 63.
Saletsche Röhren, Anfertigen derselben 85.
Sauerstoff-Wasserstoffgebläse zur Bearbeitung von Quarz 112.
Saugpumpe 69.
Schaber 10.
Scharfe Flamme 29.
Schieber zur Skalenübertragung 108.
Schießen von Glas- und Quarzfäden 111.
Schlauchverbindungen, Dichtung derselben 80.
Schleifen von Glas mittels Kampfer in Terpentin und Schmirgel 82.
Schließen von Röhren 36.
— von weiten Röhren 43.
Schliffe, gewöhnliche Form, Anfertigen derselben 90.
— mit Quecksilberdichtung 92.
Schlitzbrenner 11, 25.
Schmiermittel von Hähnen bei Substanzen, die Fette lösen 91.
Schmiermittel für Schliffe und Hähne, welches der Wirkung von Äther widersteht 91.
Schmirgelfeile zum Bearbeiten von Gummistopfen 105.
Schmirgelpulver zum Einschleifen von Glasstopfen 82.
Schneiden von Röhren und Stäben 19.
Schuller 9.
Schutzkappen für Elektroden 77.
Schutzröhrchen für Elektrodenzuleitungen 72.
Schweinefett für Pumpenfett 91.
Schweißen von Platin 83.
Schwingungen, elektrische 84, 85.
Seitliches Ansetzen von Röhren 57.
Sidotsche Blende 70.
Silicate 13.
Skalenübertragung mittels Stangenzirkels 108.
— mittels Schiebers 108.
— mittels Teilmaschine 108.
Sommerfett für Hähne u. Schliffe 91.
Speckstein 11.
Spektralröhren mit ganz reiner Wasserstofffüllung 99.
Spektralversuche, Platindrähte in

Glasröhrchen eingeschmolzen zu Sp.-versuchen 72.
Spektroskopische Untersuchungen von Salzlösungen mittels Fulguratoren 75.
Spiralröhrchen, Anfertigen derselben 63.
Sprengelpumpe, einfache, Anfertigung derselben 102.
Sprengkohle zum Absprengen von Glas 23.
Stangenzirkel zum Übertragen von Skalen 108.
Stichflamme 28.
Stoßen siedender Flüssigkeiten, Vermeiden desselben 105.
Streusand zum Füllen der Röhren beim Biegen 27.
Strohpfeile zum Abschießen von Glas- und Quarzfäden 111.
Suspensionen aus Quarzfäden 112.

Teilmaschine, zur Skalenübertragung auf Röhren benutzt 108.
Terpentinöl (mit Kampfer) zum Schleifen von Glas 82.
Tesla, Nicolas 88.
Tesla-Glühlampe, einpolige, Herstellung derselben 88.
Teslasche Versuche 84.
Thermische Nachwirkung bei Glassorten 14.
Thermometerglas 14.
Thermometerkugeln, Aufblasen derselben 38.
Thüringer Glas 13.
Transformator zum Erregen von einpoligen Tesla-Glühlampen 88.
Travers, M. W. 101, 104.
Trennung v. Gasgemischen 104, 106.
Tripel zum Schleifen von Glas 82.
Trocknen von Röhren 18.
Trommel zur Herstellung von Glasfäden 111.
T-Stücke, Herstellung derselben 59.
Tubulus, Ansetzen eines T. an ein Glasgefäß 40.

Übergangsstücke für Schlauchverbindungen 42.
Umkröpfen von Röhrenenden 35.
Umlegen von Röhrenenden 35.
Uranglas 14.
U-Röhren, Anfertigen derselben 62.
— zum Ausfrieren von Hg-dämpfen 102.
U-Rohr zum Schutze gegen das Eindringen von Luftblasen bei Quecksilber-Abschlüssen und Pumpen 97, 101.

Vakuumapparate, Anfertigen derselben 84.
— Auspumpen derselben mittels der Quecksilberpumpe 99.
Vakuumflaschen 65.
Vakuumgefäß, doppelwandiges, Anfertigung desselben 64.
Vakuumräume, elektrodenlose 85.
Vakuumröhren, elektrodenlose 85.
Vaseline als Dichtungsmittel für Hähne u. Schliffe 91.
Verbindung größerer Apparatteile durch Schliffe 93.
Verbrennungsröhren 14.
— Zuschmelzen derselben 43.
Verdampfungsrückstände flüssiger Luft 104.
Verdicken von Röhrenenden 35.
Verengen der inneren Bohrung von Röhren 46.
Verflüssigen von Gasen, Vorrichtung dazu 57.
Verflüssigte Gase, Trennung derselben durch Fraktionierung 104.
Verschließen der inneren Bohrung von Röhren 46.
Verschlusskappen, Herstellung derselben 37.
Verschmelzen der Ränder konaxialer Röhren 64.
Versilbern von Quarzfäden 112.
V-förmige Gabelungen, Herstellung derselben 60.
— Quecksilberabschlüsse mit Luftfalle 97.
— Rohrbiegungen beim Zusammenstellen unhandlicher Apparatteile 78, 79.
Voltameter zum getrennten Auffangen von Wasserstoff und Sauerstoff 83.
Vorwärmen von Glas 32.
V-Röhren, Anfertigen derselben 62.

Wachs für Pumpenfett 91.
Wachskolophoniumkitt zum Abdichten von Schlauchenden 80.
Warburg 80.
Wärmeisolation durch das Vakuum 65.

Wärmeschutz durch doppelwandige Vakuumgefäße 64.
Wasserstandsröhren, Verschmelzen von 2.
Wasserstoffentwickelungsapparat nach Cornu, Anfertigen desselben 98.
Wasserstoffspektralröhre, Füllung mit ganz reinem Gase 99.
Wasserstrahlgebläse 7.
Wasserstrahlpumpe 7.
— Anfertigen einer solchen 69.
Wassertrommelgebläse 7, 69.
Wechselströme von hoher Frequenz 84.
Wehnelt, A. 88.
Weinhold, A. 8, 65.
Wiedemann, E. 91.
Winkellineal zum Graduieren von Röhren 107.
Winterfett für Hähne u. Schliffe 91.
Wulffsche Flasche 102.

Xenon 106.

Zerstäuben der Platinelektroden 76.
Zerstäuber, einfacher, Herstellung desselben 42.
— nach Gouy, Anfertigung desselben 60.
Z-förmige Rohrverbindung zwischen größeren Apparatteilen 93.
Zucker in Glyzerin als Schmiermittel von Hähnen 91.
Zuleitungen für Elektroden, funkenfreie 72.
Zusammenfallenlassen von Röhren 41.
Zusammenschmelzen großer Apparatteile mittels der Lötpistole 78, 79.
Zusammenschmelzglas 15, 33.
Zuschmelzen von Gefäßen, in denen Überdruck herrscht 61.
Zuspitzen von Röhren 41.




GETTY RESEARCH INSTITUTE
3 3125 01215 1037